

Komplisert kvotesystem Side 4

EU-borgere lite opptatt av klima Side 6

Norges isbreer minker kraftig Side 8

Grønn strøm i India Side 10

Bioenergi i Kina Side 12

Inneluft som dreper Side 14

Bio avhengig av rammevilkår Side 16

Få orkaner i 2006 Side 18

Debatt: Arktisk forskning Side 19

Kronikk: Myndighetene må på banen Side 22

RENERGI: Sammen for energi Side 20

## Grønn framtid med bioenergi



Foto: Scampix

Både India og Kina har satt bruk av ny fornybar energi på dagsorden. Den kinesiske regjeringen har gitt utvikling av bioenergi topprioritet. Også India satser på utviklingsprosjekter der miljøvennlig strøm gir et velkomment bidrag til den lokale energiforsyningen.

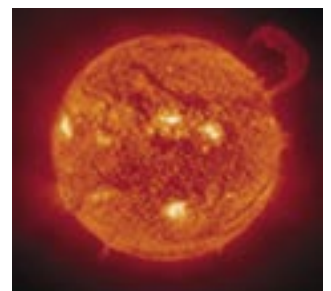
Biomasse er ikke bare viktig for utviklingsland. UMB-forsker Erik Trømborg og medforfattere skriver at klimaeffekter og Kyoto-forpliktelser vil tvinge fram økt satsing på fornybar energi i Norge.

### NORKLIMA – Klimaendringer og konsekvenser for Norge

#### Mindre usikkerhet – også om naturlige pådriv

Første delrapport i FNs klimapanelers fjerde hovedrapport er klar. Konklusjonene er preget av mindre usikkerhet og bedre observasjoner, metoder, modeller og forståelse. Og naturens eget bidrag til den globale oppvarmingen er mindre enn menneskets.

Side 24



# Innhold

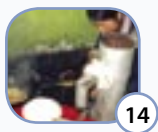
Synspunkt: Biffen og klimaendringene ..	3
Vil gi bort klimakvotar.....	4
Nytt nettsted om fornybar energi .....	5
Energi- og miljøspørsmål lite viktig for EU-borgere .....	6
Norges isbreer minket kraftig i 2006 .....	8
Grønn strøm til landsbygda i India .....	10
Kina må tenke stort, og handle smått .....	12
Inneluften i Kina dreper .....	14
Politikerne avgjør utviklingen av bioenergi i Norge .....	16
Hvor ble det av orkanene? .....	18
DEBATT: Gi lokalbefolkningen plass i arktisk forskning .....	19
KRONIKK: – Myndighetene må på banen ..	20



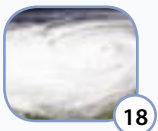
6



6



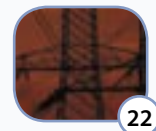
14



18

## RENERGI

Lærer energi av hverandre .....	22
---------------------------------	----



22

## NORKLIMA

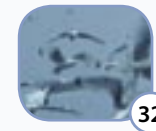
Mindre usikkerhet – også om naturlige pådriv .....	24
Nye modeller med mulighet for detaljer .....	25
Har studert fortidens klima i Norge .....	26
Partikler gir mindre avkjøling enn tidligere antatt .....	27
Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2010 .....	29
Klimaendringer påvirker marine økosystemer ...	32
Hvor gode er framskrivningene av klimaet?...	34



26



29



32

## Cicerone 2/07

### Redaksjon:

Tove Kolset (Ansv. red.)  
Pål Prestrud  
Petter Haugneland  
Kristin Rypdal  
Knut H. Alfsen

### Formgivning:

Tone Veiby

### Redaksjonen avsluttet:

2. april 2007

Forskningsprogrammene NORKLIMA og RENERGI disponerer egne sider i *Cicerone* etter avtale med CICERO Senter for klimaforskning. Redaktør for NORKLIMA-sidene er forskningssjef Knut H. Alfsen. Hans Otto Haaland er ansvarlig for RENERGI-sidene.

### Bidrag til *Cicerone*

Redaksjonen mottar gjerne artikler, kronikker og debattinnlegg om klimaforskning og klimapolitikk. Artikler og kronikker skal normalt være ca 8 000 tegn inkludert mellomrom og debattinnlegg ca 2 000 tegn.

Alle artikler og innlegg står for forfatterens regning og representerer ikke nødvendigvis synet til CICERO.

Bidrag til *Cicerone* kan sendes med e-post til [cicerone@cicero.uio.no](mailto:cicerone@cicero.uio.no).

### Ønsker du å abonnere gratis på *Cicerone*?

e-post: [admin@cicero.uio.no](mailto:admin@cicero.uio.no)

Tlf: 22 85 87 50

Telefaks: 22 85 87 51

Samtlige utgaver av *Cicerone* siden 1995 finnes på:  
[www.cicero.uio.no/cicerone](http://www.cicero.uio.no/cicerone)

## Biffen og klimaendringene

Biffen har fått en framtreddende plass i norsk klimadebatt. Nærmest på lik linje med "Carbon Capture and Storage", eller gasskraftverk med CO<sub>2</sub>-håndtering som det er blitt kalt på norsk, er mindre biffspising av flere framhevet som et viktig utslippsreducerende tiltak. Det kan trygt kalles et særnorsk fenomen. I hvert fall har ikke jeg som prøver å følge med på hva som skjer på klimafronten internasjonalt fått med meg at mindre biffspising skaper problemer for forhandlingene om videreføring av Kyoto-protokollen, eller er et tema i den intense pågående klimadebatten i USA.

Her forleden dristet jeg meg til å ta VGs klimatest, som er utarbeidet i samarbeid med Vestlandsforskning og Grønn Hverdag. Med lett skrekkblandet fryd satte jeg meg foran PCen. Nå skulle det endelig avgjøres på objektivt vitenskapelig grunnlag om jeg var en klimaversting eller en klimabesting. Det første spørsmålet lød: Hvor ofte spiser du kjøtt til middag? Tenkte jeg det ikke! Det var kjøtt generelt og ikke bare biffen som var problemet. Med et snev av dårlig samvittighet tenkte jeg på salamibrødskiven jeg hadde liggende i matpakken i sykkelvesken. I kjent Gilde-stil besto den nok av lite kjøtt og mye fett. Var animalsk fett også et problem for klimaet, og ikke bare for mine blodårer og min helse? Tenk om det var tilfelle, da kunne vi slå to fluer i en smekk: mindre fett og kjøtt bedrer helsen og redder klimaet. Kosthold, livsstil, slanking og miljø på en gang!

**"Det personlige ansvaret må først og fremst komme til uttrykk gjennom å bidra til å skape et politisk handlingsrom for bruk av virkemidler som vi vet vil monne."**

Men egentlig var det jo middager VG-testen spurte om. Som ivrig jeger fyller jeg opp fryseboksen med hjortekjøtt om høsten. Det blir det mange kjøttmiddager av. Ville testen vise at jeg var en klimaversting av den grunn? Riktignok hadde jeg kjørt langt med bil for å hente hjortekjøttet på Hitra, og selv om hjortene av og til sniker seg ut for en godbit på jorder gjødslet med kunstgjødsel og annen styggedom, kan de da umulig bidra mye til klimaproblemet. Eller hva med den saueskrotten jeg av og til kjøper med meg når jeg jakter på Hitra? Er den et problem også? Noe må man jo spise.

Fisk kan jo ikke være et klimavennlig alternativ. I følge en ny undersøkelse har en stor andel av fisken som selges i butikkene i Tromsø vært en flytur innom Kina på veien fra Barentshavet til frysedisken i Tromsø. Kanskje løsningen er å bli vegetarianer? Men da må vi for all del unngå drivhusdyrkede norske tidlig-tomater, for ikke å snakke om ris (rismarker er en av de største utslippskildene av den sterke klimagassen metan) som er transportert halve jordkloden rundt. Ja, hva er egentlig klimavennlig mat? Det aner meg at forvirringen og frustrasjonen med påfølgende apati og handlingslammelse er like rundt hjørnet.

Et budskap som til stadighet har vært fremme i klimadebatten i Norge den siste tiden er at det er din atferd og ditt eget personlige ansvar å redde klimaet. Ikke spis kjøtt, parker bilen i garasjen for godt, og tilbring sommerferiene på altanen din, eller i hagen din. Du og miljøet blir hva du selv gjør det til. Klimaproblemet løses av summen av alle de personlige valgene du selv og andre har ansvaret for å ta. En slags ultra liberalistisk holdning. Dersom dette alene er strategien er jeg redd det går med klimaproblemet som med fedmeproblemet i den vestlige verden: det bare øker på tross av alle gode råd vi overøses med. Det burde være innlysende at det er andre virkemidler og tiltak som skal til for å oppnå det store omfanget på utslippsreduksjonene som er nødvendig, og som det trolig er lettere å få på plass, enn å legge ansvaret hos sluttbrukeren. All heder og ære til dem som reduserer sitt forbruk etter personlige valg, de er viktige som modeller og påvirkere, men man skal være passe naivt anlagt dersom man tror at det vil være mulig å få til betydelige utslippsreduksjoner på den måten. Det personlige ansvaret må først og fremst komme til uttrykk gjennom å bidra til å skape et politisk handlingsrom for bruk av virkemidler som vi vet vil monne.



Hvordan gikk det så med min VG-test? Jeg endte opp som en klimamidling – det vi si sånn midt på treet. Jeg må selge min bensinlukende Caravelle dersom jeg skal klatre på listen mot klimabesting. Heldigvis husket jeg på at jeg hadde syklet den dagen jeg tok testen, og at det sannsynligvis oppveide for de ekstra klimagassutslippene de to skivene med salami i matpakken min hadde bidratt til. Da kunne jeg spise dem med god samvittighet likevel - så lenge jeg bare tenkte på klimaet og ikke på vekta og helsen da.

Pål Prestrud, direktør, CICERO Senter for klimaforskning

# Vil gi bort klimakvotar

**Regjeringa la i mars fram eit forslag til nytt kvotesystem. – Forslaget er eit forsøk på å balansere kostnadseffektivitet med konkurransevne, og det er komplisert, meiner CICERO-forskar Asbjørn Torvanger.**

## Silje Pileberg

Regjeringa ønskjer at 92 prosent av klimakvotane til eksisterande, landbasert industri skal delast ut gratis. Prosentdelen baserer seg på utsleppa frå 1998 til 2001. Dei resterande åtte prosentane må industrien betale for, viss ein ikkje reduserer utsleppa tilsvarande. Dersom EØS-avtalen tillet det, vil ein fjerne CO<sub>2</sub>-avgifta for kvotepliktig landbasert industri.

Petroleumsindustrien må derimot finne seg i å betale for utsleppa sine sjølv. Den samla utleppskostnaden skal vidareførast på tilnærma dagens nivå – men med kvotar, og ei justering av dagens CO<sub>2</sub>-avgift.

### Konkurransevne

– Ideelt sett burde kvotetildelinga vere basert på auksjon, styrt av eit statleg organ. Slik ville alle betale for utsleppa sine, og gjennom handel med kvotar ville dette gi ei effektiv løysing. Prisen ville reflektere marginalkostnaden ved utleppsreduksjon, altså kostnaden ved å redusere utsleppa med ein ekstra eining, seier Asbjørn Torvanger.

Men hadde regjeringa vedtatt ei slik løysing, ville norsk produksjon blitt dyrare enn i dag.

– Regjeringa foreslår ikkje dette fordi ein er redd for å tape konkurransevne, sidan EU opererer med gratiskvotar. Andre handelspartnarar har berre ei svak eller inga klimaregulering av industrien.

### Silje Pileberg

er informasjonskonsulent ved CICERO Senter for klimaforskning (s.i.pileberg@cicero.uio.no).

Ny industri som blir etablert i Noreg, vil ikkje få tildelt gratiskvotar, ifølgje regjeringas forslag. Eksisterande verksemder vil derfor ha eit konkurranseføretrinn. Unntaket blir for gasskraftverk: Det skal setjast av ein gratiskvoterreserve som blir tilgjengeleg for gasskraftverk som baserer seg på reinsing.

### Etter 2012

Tanken ved gratiskvotesystem er som regel at verksemder blir tildelt færre kvoter enn dei treng for å dekke utsleppa sine. Dermed må dei anten gjennomføre utleppsreducerande tiltak i eiga verksemd, eller dei må kjøpe kvotar på marknaden. Dersom dei kuttar i utsleppa slik at dei får kvotar til overs, kan dei selje desse til andre.

Dersom regjeringas forslag blir vedtatt, vil det gjelde frå 2008 til 2012. Torvanger påpeikar at kor effektivt systemet blir, også er avhengig av vedtaka som blir gjort for perioden *etter* 2012.

Dersom ein vedtar at omfanget av gratiskvotar då skal basere seg på utlepp mellom 2008 og 2012, er dette problematisk.

– Viss ei verksemd *trur* at dette vil bli tilfelle, vil verksemda sine insentiv til å redusere utsleppa mellom 2008 og 2012 vere mindre enn elles. Då vil jo relativt større utlepp i denne perioden gjere at ein får lov til å sleppe ut meir gratis i neste omgang.

### – Best for dei verste

Asbjørn Aaheim, også han forskar ved CICERO, problematiserer regjeringas forslag fordi det gir fordelar til dei verksemdene som har tenkt lite på miljøet tidlegare. All landbasert industri får gratiskvotar basert på utsleppa sine mellom 1998 og 2001, og dei som sleppte

## Kvoteforslaget

- Eit norsk kvotesystem vart innført i januar 2005. Kvotesystemet skulle gjelde i perioden 2005-2007, som også er første periode i EU sitt kvotesystem. Regjeringa la tidleg i mars fram eit forslag til fordeling av kvotar i andre periode av kvotesystemet, som fell saman med Kyoto-perioden 2008-2012.

- I forslaget skal 92 prosent av klimakvotane delast ut gratis til landbasert industri. Prosentdelen er basert på utsleppa i perioden 1998-2001. Oljesektoren og ny industri får ikkje gratiskvotar. Unntaket er nye gasskraftverk som baserer seg på reinsing.

- Forslaget er no ute på høyring. 1. juli skal det framleggast ein tildelingsplan, Nasjonal allokeringsplan (NAP), som fastlegg den samla kvotemengda Noreg vil tilføre EUs kvotemarknad når vi koplur oss opp mot EUs system.

ut mest, får flest kvotar.

– Forslaget er mest gunstig for dei som har forureina mest til no. Dei som har vore flinke til å tenke på miljøet tidlegare, får ein mindre sjanse til å tene pengar enn andre, seier Aaheim.

Likevel meiner han at forureinande industri ikkje kan klandrast fordi industrien berre har halde seg til gjeldande lover og reglar.

Han *trur* ikkje regjeringa ville *turt* å basere ordninga på utrekningar om kor



Foto: Petter Haugne

**AUKSJONERING.** CICERO-forsker Asbjørn Torvanger mener at utslippkvotene ideelt sett burde vært auksjonert bort og ikke delt ut gratis til forurensende industri.

mykje kvar enkelt verksemd *burde* sleppe ut.

– Om dei skulle prøve på dette, ville dei vandre ut i ei stor smørje, og dei ville møte store protestar frå industrien. Det er vanskeleg å samanlikne bedrifter på den måten, seier Aaheim.

### Kraftbransjen

Asbjørn Torvanger peikar på ein annan type forskjellsbehandling som gratiskvotar kan føre til:

Den delen av europeisk kraftbransje som bruker fossilt brennstoff i produksjonen, for eksempel kolkraftverka, nyt godt av ei slik løysing. Når CO<sub>2</sub>-utslipp får ein pris, stig marginalkostnaden i produksjonen, altså kostnaden ved å produsere ein ekstra eining. Marginalkostnaden er *uavhengig* av om bransjen får gratiskvotar eller ikkje. I kraftmarknaden vil ein auke i verksemdene sine marginalkostnader føre til at kraftprisen går opp.

Når bransjen så blir tildelt gratiskvotar, kjem dette inn som ei ekstra inntekt. Sjølv om gratiskvotane ikkje endrar marginalkostnaden i ei verksemd, kompensere dei likevel for auka kostnader. Verksemda blir sitjande att med ein stor gevinst som andre næringar ikkje får. Dette kallast "windfall profits".

Konkurransesett industri må, på den andre sida, halde seg til eit prisnivå bestemt på verdsmarknaden, og kan ikkje velte kostnaden over på forbrukarane.

– Annan industri ser det som urettferdig at gratiskvotesystemet skal ha ein så sterk omfordelingseffekt, seier Torvanger.

### Auksjonering

Han kan ikkje seie kor store utslppsreduksjonar den norske regjeringas forslag vil gi.

– Dette vil krevje modellanalyse. Kyoto-protokollen har lagt eit tak for kor store utslipp EU og Noreg kan ha. Utsleppa frå det norske kvotesystemet vil avhenge av kvoteprisen som blir realisert i marknaden og marginal reinsekostnad i kvar bedrift, seier forskaren.

– Er der noko regjeringa kunne gjort annleis, slik du ser det?

– Dei kunne ha lagt opp til auksjonering av ein viss del av kvotane. Dette blir ikkje gjort i dag. I tillegg kunne dei ha inkludert fleire bransjar i kvotesystemet. Oljebransjen kunne ha blitt inkludert fullt ut.

### Likt EU

Systemet den norske regjeringa har foreslått, er nokså likt EUs kvotesystem. Det norske er noko strammare, men til gjengjeld har utsleppa i Noreg sidan 1990 auka meir enn i EU.

Ein annan skilnad er at medan Noreg baserer omfanget gratiskvotar på tidlegare utslipp, har EU basert seg på prognoser for framtidens utslipp.

Velkomsten det norske forslaget har fått, har vore blanda: Norsk Industri var fornøgde, men påpeika at det vil bli vanskeleg for nye verksemdar å etablere seg. SVs Ingvild Vaggen Malvik har karakterisert miljøvernministerens kvotesystem som syltynt, medan Norges Naturvernforbund meiner verksemdar bør betale for kvotene. Norske Skog er skuffa over at forslaget ikkje omfattar treforedlingsindustrien, og Oljeindustriens Landsforening (OLF) er misfornøgd med ikkje fullt ut å bli inkludert i kvotesystemet.

# Nytt nettsted om fornybar energi

**Det nye nettstedet fornybar.no skal bidra til økt kunnskap om fornybar energi og innholdet er forklart så enkelt at nettstedet kan brukes av alle.**

Nettstedet er et samarbeidsprosjekt mellom Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og statsforetaket Enova. Alle samarbeidspartnerne bak fornybar.no er enige i at satsingen på fornybar energi bør få større oppmerksomhet i samfunnsdebatten.

– Regjeringens klimapolitikk og satsing på miljøvennlig energi forutsetter god kunnskap i befolkningen. Med fornybar.no og den trykte utgaven i bokform "Fornybar Energi 2007" har vi lagt et solid faglig grunnlag for undervisning, politikk og samfunnsdebatt, sier avdelingdirektør Marit Lundteigen Fossdal i NVE.

– Ikke minst er ny kunnskap viktig for å få ned kostnadene. Norge må satse mer på teknologiutvikling, pilottesting og kommersialisering av nye miljøvennlige energiløsninger, sier avdelingsdirektør Kirsten Broch Mathisen i Norges forskningsråd. Forskningsrådet mener innsatsen på energiforskning og utvikling av fornybar energi og energieffektivisering bør fordobles.

– Fornybar energi effektivt brukt er viktigste kriterium i en miljøvennlig energiomlegging. I så måte er boken og nettstedet viktige elementer i oppbyggingen av kunnskap om fornybar energi, sier administrerende direktør Eli Arnstad i Enova. De som besøker fornybar.no vil se at det allerede finnes løsninger som er effektive og kan tas i bruk i dag.

– Gjennom fornybar.no har vi nå en unik, oppdatert oversikt om relevant energiteknologi, markedet og aktører. Vi ser spennende vekstmuligheter for norsk næringsliv innenfor denne sektoren, sier divisjonsdirektør Hans Martin Vikdal i Innovasjon Norge, som understreker at når den engelske versjonen foreligger vil den bli et spesielt viktig verktøy for Innovasjon Norges internasjonale kontorer i deres arbeide med å profilere norske aktører på dette området.

**Kilde:** [www.fornybar.no](http://www.fornybar.no)

# Energi- og miljøspørsmål lite viktig for EU-borgerne

**Nye tall fra EU viser at energi- og miljøspørsmål fremdeles står langt nede på listen over saker innbyggerne i EUs medlemsland betrakter som viktige. Men tallene viser også at de har stor aksept for fornybar energi.**

## Anne Therese Gullberg

I januar 2007 offentliggjorde EU et såkalt Eurobarometer – en undersøkelse av EU-borgernes holdninger – der temaet var energi. Eurobarometeret studerer befolkningens holdninger til og kunnskaper om energi og energiteknologi. Sammen med et Eurobarometer fra november 2006 på energispørsmål generelt og et på miljøspørsmål fra 2005, gir undersøkelsen et godt bilde av EU-borgernes syn på viktige energi- og miljøspørsmål.

### Arbeidsløshet viktigere enn energi og miljø

Energi og miljø står langt fra øverst på listen over sakene EU-borgerne regner som viktige. Arbeidsløshet blir betraktet som den viktigste utfordringen av 64 prosent av befolkningen. Energispørsmål, som energipriser og energiknapphet, blir sett på som den viktigste utfordringen av 14 prosent, mens miljøvern regnes som den viktigste utfordringen av 12 prosent av europeerne.

### Klimaendringer bekymrer de gamle medlemslandene

Denne siste undersøkelsen ser ikke på europeernes holdninger til klimapolitikk. Det gjør imidlertid et Eurobarometer fra 2005, hvor innbyggerne ble spurt om hvilke fire miljøproblemer de er mest

bekymret for. Svaret var vannforurensning, miljøkatastrofer som oljelekkasjer, klimaendring og luftforurensning – som alle hadde en oppslutning på rundt 45 prosent.

Det er klare forskjeller mellom de nye medlemslandene og de opprinnelige 15 EU-landene (EU-15) når det gjelder klimaendringer. Mens 47 prosent av befolkningen i EU-15 er bekymret for klimaendringer, er det tilsvarende tallet i de nye medlemslandene 34 prosent. Dette betyr at klimaendringer blir betrak-

**”Arbeidsløshet blir betraktet som den viktigste utfordringen av 64 prosent av befolkningen.”**

tet som det alvorligste miljøproblemet av befolkningen i de opprinnelige medlemslandene. Klimaendringer gir størst bekymring i Sverige (68 prosent), Luxemburg (58 prosent), Tyskland (57 prosent), og Nederland og Finland (begge 53 prosent).

### Nei til atomkraft, ja til fornybar energi

Fornybar energi har stor aksept blant europeerne. 80 prosent av innbyggerne er eksempelvis for bruk av solenergi, 71 prosent for vindenergi og 65 prosent for vannkraft. EU-borgerne tror dessuten at sol- og vindenergi i løpet av de neste 30 årene kommer til å erstatte fossile brensler – spesielt olje.

Kull, olje og gass ligger nederst på listen over aksepterte energikilder sammen med den klare taperen atomenergi. Bare 20

prosent av EU-borgerne aksepterer bruk av atomenergi – og dette er dessuten den energiformen flest tar et klart standpunkt mot. 37 prosent er mot bruk av atomenergi. Motstanden er størst i Østerrike (80 prosent mot), Hellas (73 prosent mot) og på Kypros (70 prosent mot).

Men også i Danmark er motstanden stor med 65 prosent. Bare 10 prosent av danskene er for bruk av atomenergi. Dette står i sterk kontrast til svenskene holdninger til atomenergi.

Det er i Sverige aksepten av atomenergi er høyest i EU. 41 prosent av svenskene er for bruk av atomenergi, bare 20 prosent er mot. Dette henger sammen med at nesten halvparten av landets energi kommer fra atomkraft. Også befolkningen i Slovakia og Litauen er langt mer positive enn EU-gjennomsnittet til atomenergi (begge med 37 prosent aksept). Begge landene får størstedelen av sin energi fra atomkraft.

### Liten betalingsvilje for fornybar energi

Mens aksepten for fornybar energi er stor, er imidlertid bare en tredjedel av EU-borgerne villige til å betale mer for fornybar energi. Tre fjerdedeler av disse (24 prosent av det totale utvalget) aksepterer en prisøkning på opp til fem prosent, mens en fjerdedel av de betalingsvillige (åtte prosent av det totale utvalget) aksepterer en prisøkning på opp til ti prosent. Et klart flertall på 59 prosent sier seg imidlertid ikke villige til å betale mer for fornybar energi.

Det er klare forskjeller mellom de nye medlemslandene og EU-15. Hele 70 prosent av innbyggerne i de nye medlemslandene sier nei til å betale mer. Tilsvarende tall for EU-15 er 56 prosent. Men også innad i EU-15 finner vi store for-

### Anne Therese Gullberg

er tilsatt som doktorgradsstipendiat ved CICERO Senter for klimaforskning (a.t.gullberg@cicero.uio.no).



Illustrasjonsfoto: EU

**FORNYBAR.** Mens aksepten for fornybar energi er stor, er imidlertid bare en tredjedel av EU-borgerne villige til å betale mer for fornybar energi.

skjeller. Det er først og fremst i Nord-Europa befolkningen utmerker seg med stor betalingsvilje for fornybar energi; i Danmark, Luxemburg, Storbritannia og Finland vil om lag halvparten av befolkningen betale ekstra for fornybar energi.

En annen viktig faktor som slår kraftig ut er utdanning. Blant folk med høy utdanning (over 20 års skolegang) er nesten halvparten villige til å betale mer for fornybar energi.

#### Målene med energipolitikken

EU-borgerne ble også spurt om hva som bør være de to viktigste målene med energipolitikken. Svaret var klart; 45 prosent mener at lave energipriser er viktigst, stabil energiforsyning kommer som nummer to med 35 prosent og miljøvern kommer på en tredjeplass med 29 prosent oppslutning.

Bare 13 prosent mener at bekjempelse av global

oppvarming bør prioriteres. Enda færre – sju prosent – mener at energipolitikken bør utformes for å sikre industriens konkurransevne. I Danmark, Frankrike og Sverige blir

**“45 prosent mener at lave energipriser er viktigst, stabil energiforsyning kommer som nummer to med 35 prosent og miljøvern kommer på en tredjeplass med 29 prosent oppslutning.”**

imidlertid miljøvern betraktet som en av de to høyest prioriterte målene i energipolitikken.

#### Tillit til forskere og miljøorganisasjoner

Forskere og miljøorganisasjoner nyter stor tillit i energi- og miljøspørsmål blant EU-borgerne. Når EU-borgerne blir spurt om hvilke informasjonskilder de stoler på, svarer

71 prosent at stoler på informasjon fra forskere, mens 64 prosent stoler på informasjon fra miljø- eller forbrukerorganisasjoner. På tredjeplass finner vi EU som får tillit fra 44

prosent av europeerne. I dette spørsmålet finner vi igjen et skille mellom EU-15 og de nye medlemslandene. Blant innbyggerne i EU-15 har 41 prosent tillit til informasjon fra EU, i de nye medlemslandene har 56 prosent av innbyggerne tillit til informasjon gitt av EU.

I Eurobarometeret konkluderes det med at EU-borgerne stoler på forskere og organ-

isasjoner som ikke har direkte interesser i energipolitikken – verken kommersielt eller politisk. I undersøkelsen av EU-borgernes holdninger til miljøspørsmål fra 2005 viser imidlertid at EU-borgerne også i miljøspørsmål har størst tillit til miljøorganisasjoner og forskere. Helt på bunnen av denne listen finner vi bedrifter og fagforeninger.

#### Kilder:

- EU 2005. The attitudes of European citizens towards environment. *Special Eurobarometer*. DG Environment.
- EU 2006. Energy Issues. *Special Eurobarometer*. DG Communication.
- EU 2007. Energy Technologies: Knowledge, Perception, Measures. *Special Eurobarometer*. DG Research.

# Norges isbreer minket kraftig i 2006

NVEs massebalansedata viser rekordstor minking av norske breer i 2006. En kombinasjon av lite snø om vinteren og en varm sommer og høst førte til store underskudd på alle breene. Mange av breene fikk det største underskuddet som er målt noensinne.

**Liss M. Andreassen, Hallgeir Elvehøy og Bjarne Kjølmoen**

Flere år med massetap og stor avsmelting fører til at brefronter i hele landet trekker seg tilbake. Ikke siden 1940-tallet har det blitt målt større tilbakegang av brefronter i Norge.

## Nøkkelindikator

Breer er sensitive i forhold til klimaendringer og er av FN's klimapanel (IPCC) ansett som en nøkkelindikator for globale og regionale klimaendringer. Norske breer er del av et verdensomspennende nettverk av bremålinger, og de lange norske seriene av massebalanse og brefrontendringer (se oversikt i Andreassen m.fl. 2005 og Kjølmoen m.fl. 2006) er av stor verdi for klimaforskere. De norske bremålingene rapporteres jevnlig til World Glacier Monitoring Service ([www.wgms.ch](http://www.wgms.ch)) som er opprettet innenfor FN-systemet.

## Stor minking av breenes masse

Vinteren 2005/2006 var mild og snøfattig for breene over hele landet. NVEs målinger i april og mai viste at snømengdene på breene var langt under det normale, i gjennomsnitt bare drøyt 60 prosent av det normale. Sommeren 2006 ble den

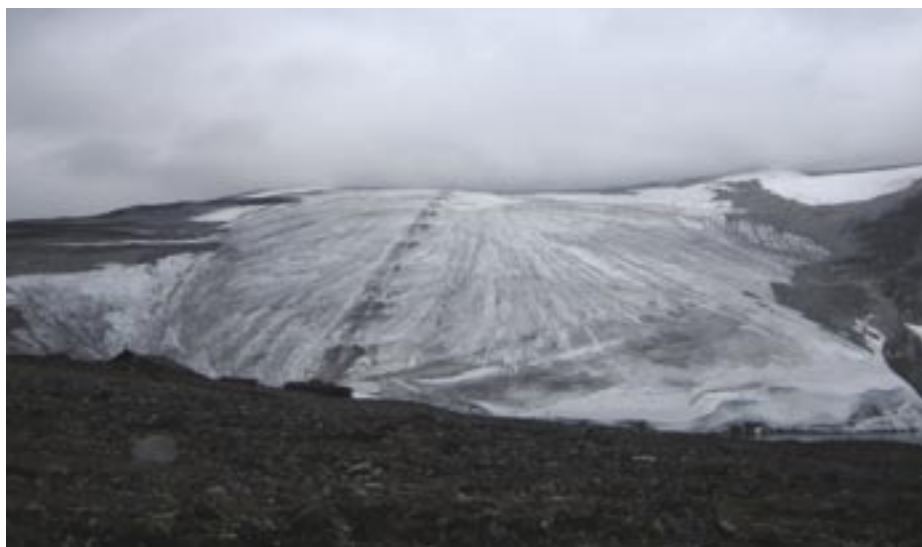


Foto: Liss M. Andreassen.

**MÅTTE STENGE.** Lite snø om vinteren og en varm sommer førte til at skisenteret ved Juvasshytta måtte stenge. Allerede tidlig i august var det snøfritt på breen.

fjerde varmeste sommeren som er registrert for Norge (kilde: [met.no](http://met.no)). Den varme sommeren førte til stor smelting av snø og is. På mange breer hadde all vintersnøen smeltet vekk tidlig på sommeren, noe som førte til at sommerskisentrene måtte stenge. Høsten 2006 var også varm, spesielt i Sør-Norge, og medførte en forlenget smeltesesong. Det ble registrert betydelig mer smelting enn normalt på alle de 12 breene som måles i Norge. Kombinasjonen av lite snø og mye smelting førte til store underskudd på alle de målte breene (figur 1). Det gjennomsnittlige massetapet for de tolv breene tilsvarer et vannlag på drøyt to meter jevnt fordelt over hele breen. På mange av breene er dette det

største underskuddet som er målt noensinne. Både på Ålfotbreen og Nigardsbreen i vest, Hellstugubreen og Gråsubreen i øst, Hardangerjøkulen i sør og Langfjordjøkelen i nord ble det målt rekordunderskudd.

## Brefrontene smeltet også tilbake

I 2006 ble det målt frontposisjonendring ved 28 breer (fire i Nord-Norge og 24 i Sør-Norge). Hele 26 av breene hadde tilbakegang. Gjennomsnittet for alle breene var 43 meter (figur 2). De største endringene ble målt for brearmene fra Jostedalbreen, 11 breer trakk seg i gjennomsnitt 70 meter tilbake. Ved Briksdalsbreen er nå nesten hele Briksdalsvatnet isfritt, og bre-

Liss M. Andreassen, Hallgeir Elvehøy og Bjarne Kjølmoen

er alle ansatt ved Seksjon for bre og miljøhydrologi, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

fronten står i samme posisjon som rundt 1950. I Jotunheimen og i Troms og Finnmark fortsetter den jevne tilbakegangen.

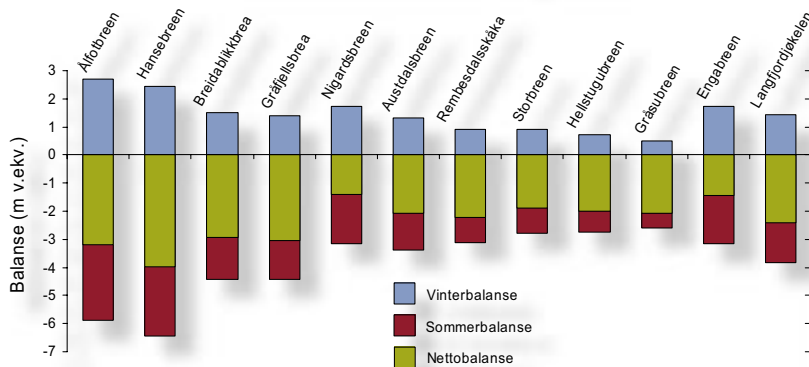
### Er 2006 et unntak?

Er 2006 et unntak eller et eksempel på hva vi har i vente? I Cicerone 2-2005 oppsummerte vi endringene av norske breer fram til og med 2004 (Andreassen, Elvehøy og Kjølmoen, 2005). I perioden 2001-2004 minket de norske breene betydelig i volum og lengde. Flere år med lite vinternedbør, og rekordvarme somre i 2002 og 2003 tærte kraftig på breene. I 2005 derimot, var det en liten masseøkning av de kystnære breene på grunn av mye vinternedbør og en normal sommer, mens de kontinentale breene minket litt. Masseunderskuddet i 2006 førte til at overskuddet fra foregående år forsvant og vel så det. For fremtiden er det ventet økt temperatur som både vil føre til mer sommersmelting og forlenget smeltesesong (og dermed kortere vintersesong), men også mer vinternedbør. I 2007 ser det ut til å bli mye vinternedbør på breene. Dersom sommeren blir normal kan breene unngå underskudd i år, det trenger de!

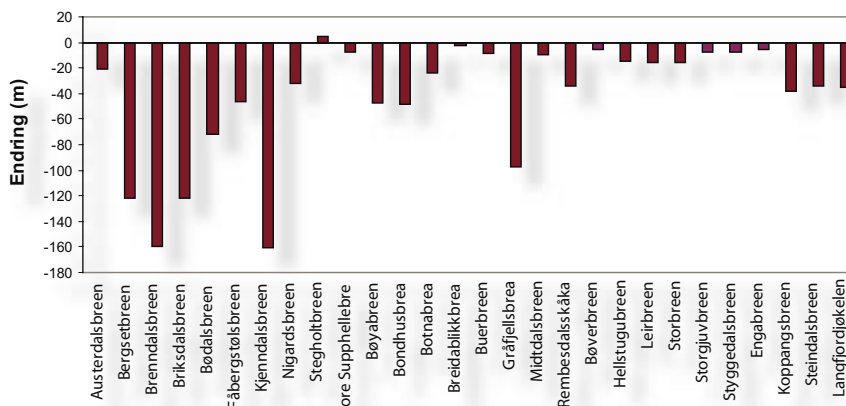
### Referanser

- Andreassen, L.M., H. Elvehøy, B. Kjølmoen, 2005. Store endringer i Norges isbreer. *Cicerone 2/2005*, s 12-14.
- Andreassen, L.M., H. Elvehøy, B. Kjølmoen, R. V. Engeset and N. Haakensen, 2005. Glacier mass balance and length variation in Norway. *Annals of Glaciology*, 42, 317-325 .
- Kjølmoen, B. L. M. Andreassen, R. V. Engeset, H. Elvehøy, M. Jackson and R. H. Giesen, 2006. *Glaciological investigations in Norway 2005*. NVE Report 2-2006, 91 s + app.

Massebalansen for breer i Norge i 2006



Figur 1. Massebalansen for 12 breer i Norge i 2006. Breene er sortert fra vest (Ålfotbreen) mot øst (Gråsubreen) i Sør-Norge, og deretter kommer Engabreen og Langfjordjøkelen i Nord-Norge. Alle de målte breene hadde et betydelig underskudd (dvs. negativ nettobalansen).



Figur 2. Resultatet av brefrontmålinger i 2006. Endringen i brefrontposisjon er fra høsten 2005 til høsten 2006. De 28 breene smeltet tilbake i gjennomsnitt 43 m.



Foto: Lis M. Andreassen.

JOTUNHEIMEN. Hellstugubreen er en dalbre i Jotunheimen. I 2006 hadde breen det største massetapet som er målt siden målingene startet i 1962 (tilsvarende en 2 m vannsøyle smeltet bort over hele breen). Brefronten smeltet tilbake 15 m i 2006. Siden målingene startet i 1902 har breen smeltet tilbake over 1 km (i gjennomsnitt ca. 10 m/år).



Foto: Bjørn Kjølmoen.

RASK ENDRING. Briksdalsbreen er en kort og bratt utløper fra Jostedalbreen som reagerer raskt på endring i massebalansen. I 2006 opphørte breføringen på breen pga. den raske tilbakesmeltingen av tunga de siste årene. Breen har siden 2001 smeltet tilbake ca. 300 m. Fra 2005 til 2006 smeltet den tilbake 120 m.

# Grønn strøm til landsbygda i India

Langt inne i hjertet av Karnataka i India, i det såkalte Indian Silicon Valley, ligger et gnistrende eksempel på at ingeniørene i denne delstaten kan mer enn softwareutvikling.

## Marianne Aasen

En rundt to timers kjøretur ut på landsbygda fra Bangalore, litt avhengig av hvor mange kuer som står i veien, ligger ett av flere resultater av fellesprosjektet Biomass Energy for Rural India (BERI). Det lille kraftverket i landsbyen Hoshahalli har blitt til ved at landsbyboere, et statlig nettselskap, FN-institusjoner og ingeniører sammen har brukt hoder og fysiske krefter for å bedre energitilgangen på landsbygda i India.

Indias energiforbruk baseres først og fremst på fossile brensler og ved (cirka 2/3 fossilt og 1/3 biomasse), der over halvparten blir brukt til kraftproduksjon. I India bor ca 70 prosent av befolkningen på landet, og disse innbyggerne står for langt under halvparten av landets totale energiforbruk. Selv om strømmettet når 85 prosent av landsbyene, har mindre enn en tredjedel av husholdningene i disse strøkene tilgang på strøm. Der folk har tilgang på strøm er den ofte ustabil. Tradisjonell bruk av biomasse er derfor den dominerende energikilden på landsbygda i India, noe som skaper press på skogressursene og har negative helseeffekter.

### Pionerprosjekt

- To av Indias offentlige uttalte utviklingsmål er
- å øke skogarealet fra 25 prosent i 2007 til 33 prosent i 2012
  - å elektrifisere 62 000 landsbyer innen

### Marianne Aasen

er forskningsassistent ved CICERO Senter for klimaforskning (marianne.aasen@cicero.uio.no).

2007, gjennom desentraliserte ikke-konvensjonelle kilder som biomasse, vind og sol

I Karnataka så vi konkrete tiltak for å nå disse målene. Gjennom pionerprosjektet BERI blir teknologi for energi-produksjon basert på biomasse testet ut gjennom å utvikle tilgang på miljøvennlig strøm til rurale områder. Tjuefire landsbyer i Tumkur District i Karnataka stat er involvert. Prosjektet ble startet i 2002 og varer til desember 2007. Totale utgifter for

prosjektet er rundt åtte millioner dollar, der Global Environmental Facility (GEF) finansierer cirka halvparten, resten står delstaten Karnataka og India stat for.

Prosjektet har som ett av flere mål å generere 2,5 millioner enheter med elektrisitet. Av disse vil 0,7 millioner enheter bli konsumert av husholdningene i deltagerlandsbyene, som nå får mulighet til å pumpe opp rent drikkevann, drive vanningsystemer og å lyse opp sine enkle



KVINNER SOM BÆRER KVIST.  
Tradisjonell bruk av biomasse i India  
skaper press på skogressursene.

Foto: Marianne Aasen

**KRAFTVERKET.** Dette kraftverket i Hoshahalli er ett av flere kraftverk bygget i regi av BERI-prosjektet.



Foto: Mariamne Aasen

**SAG:** Biomassen som brukes må være ca 60x20x20 millimeter, med et maksimum fuktighetsinnhold på 15 prosent. Ved denne kuttemaskinen har flere av landsbybeboerne i Hoshahalli fått muligheten til betalt arbeid.



Foto: Mariamne Aasen

boliger. Resten blir solgt til BESCO (Bangalore Electricity Supply Company) til markedsprisen for elektrisitet, og er en kilde til inntekt for innbyggerne i landsbyene og et bidrag til den ellers energislutne Karnataka.

#### Betalingsvillighet for grønn strøm?

Et entreprenørfirma som skal bygge boliger i Tumkur District har vist interesse for elektrisiteten fra dette prosjektet. De mener det finnes

en betalingsvillighet for grønn strøm hos boligkjøpere, og har antydning villighet til å betale mer for å få denne grønne strømmen direkte, enn prisen de betaler for strøm levert over statsnettet. I så fall kan det i framtiden være muligheter for å tjene mer på denne strømmen enn det landsbybeboerne får gjennom salg til BESCO, dersom de ikke sender all strømmen ut på det statlige nettet.

#### Biodiversitet og klimagassreduksjon

Et unikt aspekt ved BERI-prosjektet er at det involverer landsbysamfunnene i treplanting av 28 forskjellige lokale tresorter, på til sammen 3000 hektar privat og offentlig grunn som er satt av til formålet. Innbyggerne har fått opplæring i skogplanting og drift av kraftverk, og har vært deltagende i utformingen av prosjektet. Mange fattige bønder i dette området har ikke mulighet til å drive og vedlikeholde plan-

tasjer med tresorter til tømmer og treprodukter. Plantasjer med arter som kan brukes i energiproduksjonen gir raskere avkastning, og er derfor mulig for bøndene å investere i.

Når det er fullstendig implementert, forventes prosjektet å ha bidratt til å redusere utslippene av CO<sub>2</sub> med 1 200 tonn årlig, sammenlignet med om fossile brenslere skulle blitt brukt til samme formål. I tillegg er plantasjene av hurtigvoksende arter på forventet å lagre 5 000 tonn karbondioksid. Derfor arbeides det med å få prosjektet godkjent under den grønne utviklingsmekanismen (CDM) i Kyoto-avtalen, som kan være en finansieringskilde i tillegg til inntektene fra solgt strøm. Fra slutten av dette året skal prosjektet stå på egne ben, og da vil vi se om dette er verdt å satse på for andre områder av India, og i andre utviklingsland.

#### Kilder/les mer:

- UNDP India <http://www.undp.org.in/>
- BERI: <http://nitpu3.kar.nic.in/bio-energyindia/>
- GEF: <http://www.gefweb.org/>
- NETPRO: [http://www.desipower.com/technology/netpro\\_gas.htm](http://www.desipower.com/technology/netpro_gas.htm)

## Global Environmental Facility (GEF)

Global Environmental Facility (GEF) ble etablert i 1991, og hjelper utviklingsland med finansiering til miljøforbedrende prosjekter på områdene biodiversitet, klimaendringer, internasjonale havområder, land degradering, ozonlaget og organiske miljøgifter. De såkalte *Implementing Agencies* under GEF blir koordinert av et sekretariat i Washington og består av FN's utviklingsprogram (UNDP), Verdensbanken og FN's miljøprogram (UNEP). *Executive Agencies* består av fire regionale utviklingsbanker og tre FN-organisasjoner (FAO, IFAD, UNIDO). Siden 1991 har GEF sørget for 6,8 billioner dollar i tilskudd og generert over 24 billioner dollar i delfinansiering fra andre kilder til å støtte 1 900 prosjekter som produserer miljøgoder i mer enn 160 utviklingsland og såkalte transisjonsland. GEFs fond er bygget opp av donorland. I 2006 forpliktet 32 donorland seg for til sammen å bidra med 3,13 billioner dollar til å finansiere prosjekter i fire år framover.

## Elektrisitet fra bioenergi

Teknologien som benyttes er gassutvikling fra biomasse, en prosess der biomasse omdannes til brennbar gass i en reaktor. Gassen kjøles ned og renses før den brennes i en intern forbrenningsmotor for kraftproduksjon. Gassgeneratoren er designet og utviklet ved Combustion Gasification and Propulsion Laboratory, ved Indian Institute of Science i Bangalore.

# Kina må tenke stort og handle smått

**Den kinesiske regjeringen har gitt utvikling av bioenergi topprioritet. Men regjeringen må ikke bare bygge kraftverk. Moderne ovner i husholdningene kan gi store gevinster.**

## Lin Gan og Yu Juan

Utvikling av bioenergi er blitt en topprioritet på den kinesiske regjeringens agenda etter at en lov om fornybar energi begynte å bli implementert i januar 2006. Regjeringen har satt som et langsiktig mål at kraftproduksjonskapasiteten fra biomasse skal være 30 milliarder watt (gigawatt) i 2020, noe som vil kreve milliarder av dollar i investeringer. I dag baserer Kina seg i stor grad på kullenergi.

Det nåværende fokuset er på å produsere elektrisitet av jordbruksavfall. Årlig har landet et overskudd av slikt avfall på rundt 200 millioner tonn. Det er også en stigende interesse for utvikling av biobrensel, for eksempel biodiesel og etanol. Intensjonen er å erstatte importert olje, som i dag utgjør over 40 prosent av den totale oljeforsyningen.

Men strategien er for smalt definert. Den oppfyller ikke behovene for de fattige og vanskeligstilte sosiale gruppene. Nye biobrenselbaserte elektriske kraftstasjoner kunne være gode nyheter for dem som bor i fjerntliggende områder uten tilgang til elektrisitet. Desentralisert kraftproduksjon kunne bidra til å forbedre deres

livskvalitet. Men den nåværende planen er å bygge dusinvis av demonstrasjonsprosjekter hovedsakelig i økonomisk utviklede regioner, for eksempel i provinsene Jiangsu og Shandong.

### Effektive moderne ovner

Innbyggere på landsbygda kan bare ha nytte av utvikling av bioenergi hvis det skjer der de bor og deres daglige behov blir ivarettatt. De fleste bønder bruker fortsatt tradisjonelle matlagings- og oppvarmingsmetoder, særlig i fattige og fjerntliggende regioner. Ovnene som brukes har en effektivitetsrate på bare tre til fem prosent. En gjennomsnittlig familie på landsbygda i den fjerntliggende nordvestlige Yunnan-provinsen bruker for eksempel mellom 14 og 16 tonn brenselved årlig. Dette er svært ødeleggende for skogene.

Når velstanden øker, velger mange bønder å gå over til brenning av kull i stedet for biomasse. Dette påvirker bondenes helse i svært stor grad. I Guizhou-provinsen er fluorforgiftning et vanlig helseproblem. Rundt 19 millioner bønder er rammet, særlig kvinner, barn og eldre.

Moderne ovner for biomasse er langt mer effektive enn de tradisjonelle. Effektivitetsraten kan være på hele 30-40 prosent. En implementering av slike ovner ville være positivt for det globale miljøet, det ville spare ressurser og øke avkastningen til rurale virksomheter.

### Må finne alternative løsninger

Det nåværende fokuset på råmaterialer og fossilt brensel til industrien kan ikke gjøre bønder rike. I stedet forårsaker det forurensning, jordødeleggelser og, aller viktigst, det fratrar bondene deres livsgrunnlag.

Den kinesiske regjeringen har innsett at den raskt må lete etter alternative løsninger. Under fanen av et såkalt "harmonisert samfunn" ser regjeringen på nye muligheter, nemlig en bærekraftig utvikling av landsbygda. Dette skal oppnås ved en mer effektiv ressursbruk og ved å prioritere nye og fornybare energikilder med bredere markedsanvendelser. Med sitt store territorium og sine varierte geografiske regioner, har Kina store lagre med biomasse fra jordbruk og skogavfall. Landet har også store områder ødeland som potensielt kan brukes for dyrking av vekster som kan gi energi.

I sin strategi for å utvikle landsbygda på en bærekraftig måte, må Kina gå over fra tradisjonell bruk av biomasse til moderne bruk. En slik overgang vil kreve

## Langsiktige mål

- Den kinesiske regjeringen har satt som et langsiktig mål at kraftproduksjonskapasiteten fra biomasse skal være 30 milliarder watt i 2020. Intensjonen er å erstatte importert olje, som i dag utgjør over 40 prosent av den totale oljeforsyningen. I 2010 kan andelen ha steget til 50 prosent.

- Dette er årsaken til at Kina har annonsert at landet årlig vil importere en million tonn etanol fra Brasil. Disse annonseringene vil rydde vei for nye muligheter i næringslivet, både i Kina og internasjonalt.

### Lin Gan

er forsker ved CICERO Senter for klimaforskning (lin.gan@cicero.uio.no).

### Yu Juan

er utdannet miljøøkonom ved UiO, 2006 og er nå doktorgradsstipendiat ved Fudan University, Kina (yujianjuan@gmail.com).



**MATLAGING.** De fleste kinesiske bønder bruker fortsatt tradisjonelle matlagings- og oppvarmingsmetoder. Ovnene som brukes har lav effektivitetsgrad og bruker mye brenselved eller kull som er skadelig for skogene og kinesernes helse.

politisk støtte. Men det vil komme bønder til gode ved redusert bruk av fossilt brensel, forbedringer i levestandard og helse, nye arbeidsplasser, inntektsmuligheter og så videre. I dag blir mesteparten av jordbruksavfallet brent på jordene, noe som forurensrer luften og sløser med energi.

### Høy pris

Kina gjennomgår i dag en hurtig overgangsprosess mot industrialisering og integrering i verdensøkonomien. Men utviklingen har hatt en høy pris, særlig for miljøet, og den har lagt tungt press på lokale energiresurser og økosystemer. I tillegg har forskjellene i inntekt og levestandard økt, både mellom urbane og rurale strøk, og mellom østlige og vestlige regioner i Kina. Arbeidsledigheten er stigende, og mange er bekymret for at

landets velstand på lang sikt vil bli skadet av disse sosiale ulikhetene. Det er estimert at 100 millioner mennesker vil være arbeidsledige innen 2010, og det meste av ledigheten vil være i fattige vestlige regioner, hvor bønder desperat prøver å overleve og skape et bedre liv for familiene sine.

De fleste av migrasjonsarbeiderne fra jordbrukssektoren kommer til byene av økonomiske årsaker: De har mistet jorden sin på grunn av urbanisering, de har opplevd økt mekanisering av jordbrukssektoren og lav inntekt ved salg av jordbruksprodukter. Særlig i vestlige regioner finnes det store utfordringer for en bærekraftig rural utvikling. Disse regionene har flere alvorlige problemer: Bønders inntekter henger etter inntektene i kystregionene. Økosystemene er sårbare. Fattigdom

er fremdeles et sosialt problem. Bønder benytter tradisjonelle og lite effektive metoder for oppvarming og matlagning.

Kina er helt klart nødt til å se etter alternative løsninger for å utvikle jordbrukssektoren sin; en sektor som 900 millioner bønder er avhengige av.

### Ikke nok oppmerksomhet

Dersom man satser på husholdningsbasert bruk av biomasse, i tillegg til utvikling av kraftstasjoner, vil dette ha både sosiale og miljømessige gevinster. Det vil også være kostnadseffektivt (se faktaboks).

Inntil nå har ikke de kinesiske myndighetene viet nok oppmerksomhet til disse spørsmålene. De har fokusert særlig lite på hvordan man kan utnytte biomasse på en effektiv og bærekraftig måte. Myndighetene burde tilrettelegge forholdene slik at investorer, innovatører og små virksomheter får intensiver til å involvere seg i den sosiale og

teknologiske overgangen til en bærekraftig rural utvikling. Ved å gjøre dette, kunne presset på den raske urbane utviklingen avta, og en harmonisering mellom urbane og rurale samfunn vil kunne oppnås.

Internasjonalt er bioenergi blitt en dynamisk drivkraft med mange medspillere. Både regjeringer, industrier, internasjonale organisasjoner og i stadig større grad private investorer ønsker å utnytte de mulighetene som vil oppstå i Kina som en følge av denne overgangen. En slik overgang vil gjøre det mulig å kombinere ny teknologi, utslippsreduksjoner og en bærekraftig rural energiutvikling i Kina. Dette vil også bli en verdifull erfaring for andre utviklingsland som er rike på biomasse. Kinas utvikling kan bidra til at også de når sine mål som kombinerer sosial utvikling og vern av miljøet.

Oversatt av Silje Pileberg

## Økonomiske gevinster

Den kinesiske regjeringen planlegger å investere 38,4 milliarder dollar i kraftstasjoner. Lin Gan har regnet ut hva gevinsten blir dersom bare halvparten av disse pengene investeres i kraftstasjoner, mens den andre halvparten investeres i biomasseovner til husholdninger.

Dette er noen eksempler:

	Biomasseovner	Kraftstasjoner
<b>Nedgang i CO<sub>2</sub>-utslipp:</b>	55,3 – 106 megatonn	10,5 megatonn
<b>Arbeidsplasser:</b>	3,8 – 7 millioner	0,7 millioner
<b>Inntekter som følge av nye arbeidsplasser:</b>	19,6–32,8 milliarder dollar	0,6 milliarder dollar



**OPPVARMING.** Moderne ovner for biomasse er langt mer effektive enn de tradisjonelle.

# Inneluften i Kina dreper

**Verdens helseorganisasjon (WHO) har beregnet at om lag 420 000 kinesere årlig mister livet som følge av bruk av kull og ved i hjemmene. Disse tallene er trolig for lave. Ny forskning fra CICERO anslår at mellom 800 000 og 3,5 millioner kinesere dør for tidlig hvert år som følge av husholdningenes energibruk.**

## Heidi Elizabeth Staff Mestl

To tredjedeler av Kinas befolkning er i dag avhengige av kull og ved til matlagning og oppvarming. Det er kun i de mer utviklede byene at andre og renere energiformer som gass og fjernvarme har fått fotfeste. Husholdningenes valg av energikilde er i stor grad avhengig av husholdningens økonomi og kan betraktes som en energistige. Etter hvert som husholdningens økonomi bedres vil familien klatre opp stigen og velge mindre arbeidskrevende energiformer. Den laveste energiformen er typisk småkvist og kumøkk, etterfulgt av ved, deretter kommer kull og til slutt gass, elektrisitet og fjernvarme. Småkvist, møkk og ved er alle biobrensler, og forutsatt miljøvennlig produksjon og håndtering vil bruken av disse være klimanøytral, det betyr at opptak og utslipp av klimagasser er en del av det naturlige kretslopet. Per i dag bruker ca 45 prosent av husholdningene i Kina biobrensler. Det er tvilsomt om bruken er klimanøytral, men her mangler vi kunnskap. Kull, gass, elektrisitet og fjernvarme er, eller har i stor grad opphav i fossile brensler. Disse gir netto CO<sub>2</sub>-utslipp når de forbrennes. I Kina ser man i dag en dreining i retning økt bruk av kull i husholdningene. Befolkningen er i ferd med å bevege seg oppover energistigen.

### Dårlige ovner

Et vidt spekter av ovner/løsninger for for-

brenning av biomasse og kull i er å finne i Kina i dag. Man finner løsninger fra åpne bål på kjøkkenet til relativt avanserte ovner, og gjerne en kombinasjon av disse. I store deler av Kina er det svært vanlig med bærbare kullovner. De er billige i innkjøp og oppleves som praktiske fordi de kan flyttes rundt i huset etter behov. De ser ut som malingspann og har ingen skorstein. Den tradisjonelle kangen er også å finne i mange hjem. Dette er en ovn i forbindelse med en sengeplattform av leire/murstein. Røykgassen ledes i hulrom under sengeplattformen for å varme opp denne, i stor grad etter samme prinsipp som våre hjemlige kakkelovner. I enkelte områder av Kina er det vanlig å tørke mat på loftet. Da slippes røykgassen ut på loftet, men fordi de bare har et kvistdekk mellom oppholdsrom og loft siver røyken ned

igjen. Fellesnevneren for alle disse løsningene er dårlig forbrenning og høye utslipp, med en typisk energiutnyttelse på rundt 10 prosent av brenselets varmeinnhold.

Bruk av kull og biomasse gir betydelige utslipp av blant annet partikler som sot og organisk karbon når forbrenningen skjer i dårlig ventilerte ovner. Når de da i tillegg ikke bruker skorstein gir dette høye konsentrasjoner av svevestøv innendørs, typisk 20 til 40 ganger over hva som regnes som svært forurenset i Norge.

Noen studier har vist at observert økning i flom i Sør-Kina og økt tørke i Nord-Kina skyldes regionale klimændringer med opphav i disse partikkelutslippene. Store partikkelutslipp har også en helsemessig side og på CICERO jobber vi blant annet med å besvare spørsmål som: Hvor store doser utsettes befolkning-



SOT. Bruk av kull til matlagning i et kjøkken i Datong i det nordlige Kina. Røyken fra kullforbrenningen blander seg med os fra woken. Veggen i bakgrunnen er svartet av sot.

Foto: Kristin Aunan.

### Heidi Elizabeth Staff Mestl

er forsker ved CICERO Senter for klimaforskning (h.e.mestl@cicero.uio.no).



Foto: Haakon Vennemo

**MATLAGING.** To tredjedeler av Kinas befolkning er i dag avhengige av kull og ved til matlagning og oppvarming.

“Etter hvert som husholdningens økonomi bedres vil familien klatre opp stigen og velge mindre arbeidskrevende energiformer.”

gen for? Hva er helseeffekten av denne eksponeringen, hvem er mest utsatt, hva er mulige tiltak og hvilken klimaeffekt vil det ha?

Vi har beregnet eksponering på grunnlag av publiserte målinger av konsentrasjoner i forskjellige inne og utemiljøer kombinert med tidsbruken til kineserne. På denne måten kan vi dele opp befolkningen etter hvor i landet de bor, alder, kjønn og energibruk i husholdningene. Dette gir opphav til en rekke interessante konklusjoner:

#### **Biomasse er verst**

Våre beregninger viser at befolkningen som bruker biomasse er utsatt for den høyeste eksponeringen, etterfulgt av kullbrukere og til slutt gassbrukere. Dette betyr at det helsemessig kan være en fordel om befolkningen går oppover energistigen fra biomasse til kull. Sett fra et klimaperspektiv er det ikke det, og også helsemessig er det uklart. Det er sannsynlig at røykgass fra kull og biomasse har forskjellig innvirkning på helsen, men hva forskjellene består i og hvilke konsekvenser et bytte av brensler vil ha, vet vi ikke i dag.

Selv om kinesiske byer er kjent for å være svært forurenset er det landsbybefolkningen som er utsatt for

den høyeste eksponeringen. Dette skyldes i stor grad at bybefolkningen har tilgang til renere brensler og bedre ovner enn folk på landsbygda. Hoveddelen av eksponeringen skjer innendørs – fordi folk tilbringer mesteparten av tiden der – også på landsbygda i Kina.

#### **Små kjønnsforskjeller**

Det er generelt akseptert at kvinner i u-land er mer utsatt for eksponering til røykgass enn menn fordi det er de som lager mat. Våre beregninger viser at det ikke er signifikante kjønnsforskjeller i Kina. Dette skyldes at vi fant små forskjeller i svevestøv konsentrasjoner mellom kjøkken og oppholdsrom for de forskjellige brenselkategoriene. Forskjellen i tidsbruk for menn og kvinner er hovedsakelig hvilket rom de oppholder seg i, de er omtrent like mye innendørs og dermed blir eksponeringen omtrent lik.

#### **Virker tiltakene?**

Over en tiårsperiode fra midten av 80-tallet gjennomførte kinesiske myndigheter et stortstilet program for å bytte ut husholdningenes tradisjonelle vedovner til nyere og bedre. Formålet med programmet var å bremse den observerte avskogingen ved å gi befolkningen mer energieffektive ovner. Pro-

grammet ble lenge regnet som en suksess fordi de klarte å bytte ut mer enn 130 millioner ovner i husholdningene. Nyere forskning har imidlertid vist at de nye ovnene ikke er så mye bedre enn de gamle, med et gjennomsnittlig energiutbytte på 13 prosent, mot 9 prosent i de tradisjonelle ovnene. Det har også vist seg at befolkningen har fortsatt å bruke tradisjonelle fyringsmåter i tillegg til de nye ovnene, så effekten på innemiljøet har vært begrenset. I og med at formålet med programmet var å hindre avskoging var det liten eller ingen fokus på kullovnene.

#### **Høye dødstall**

Våre beregninger av helseeffekten av husholdningenes energiforbruk viser at tidligere estimater fra WHO kan være noe lave. Vi kommer frem til at et sted mellom 800 000 og 3.5 millioner dødsfall skjer for tidlig hvert år i Kina på grunn av innendørs luftforurensning. Av disse er det ca. 200 000 barn under 5 år.

Da WHO gjorde sine beregninger, benyttet de en metode der befolkningen klassifiseres som enten eksponert eller ikke eksponert avhengig av om de benytter ved/kull eller ikke. Det medførte blant annet at de antok at programmet for utskiftning av ovner hadde vært vellykket og at kun en firedel

av barna i husholdninger med vedbruk var utsatt for helseskadelige konsentrasjoner. For voksne antok de høyere risiko for kvinner enn menn. Hvis vi bruker WHO's beregningsmetode, men antar *at alle* som bruker kull og biomasse er eksponert for helseskadelige konsentrasjoner, finner vi at ca 200 000 barn dør for tidlig av akutte luftveisinfeksjoner hvert år. Dette er i overensstemmelse med våre beregninger. Vi finner også ved deres metode at 1,1 millioner voksne dør for tidlig hvert år, også dette tallet innenfor spennvidden ved våre beregninger. At vi beregner høyere antall dødsfall blant voksne enn WHO skyldes ikke bare forskjellige metoder, men også at våre beregninger inkluderer alle mulige dødsårsaker, mens WHO's beregninger er begrenset til KOLS og lungekreft. En viktig dødsårsak i forbindelse med svevestøv er hjerte- og kar-sykdommer, så denne forskjellen utgjør nok mye av differansen. Det faktiske antall for tidlige dødsfall ligger nok i nedre ende av våre beregninger, men det er også svært sannsynlig at WHO's beregninger er for lave og at innendørs luftforurensning i utviklingsland er et større helseproblem enn tidligere antatt.

# Politikerne avgjør utviklingen av bioenergi i Norge

**Økt energiforbruk og stor variasjon i innenlands kraftproduksjon skaper behov for økt kraftproduksjon i Norge. Samtidig vil klimaeffekter og Kyoto-forpliktelser gi behov for en økt satsing på fornybar energi. Bioenergi kan bli en viktig energikilde i Norge.**

**Erik Trømborg, Torjus Bolkesjø, Arild Olsbu og Birger Solberg**

Fortsatt økning i energiprisene vil gjøre det mulig å øke produksjonen av bioenergi fra dagens cirka 12 TWh til om lag 20 TWh nyttiggjort bioenergi i Norge innen år 2015, tilsvarende 12 til 14 prosent av det stasjonære energiforbruket. På kort sikt kan bioenergi i første rekke erstatte olje til oppvarming. Men produksjon av elektrisitet basert på biomasse krever en langt mer offensiv satsing en det som er tilfellet i Norge i dag.

## Behov for mer fornybar energi-produksjon

Det norske energiforbruket har vokst med 40 prosent i løpet av de siste 30 årene. Elektrisitet utgjør nesten 80 prosent av

det stasjonære energiforbruket, fossile brenslere ca 13 prosent og bioenergi ca 7 prosent. Økningen i energiforbruket skaper behov for økt innenlandsk produksjonskapasitet. Samtidig tilsier klimaeffektene og Kyoto-forpliktelsene at energiproduksjonen må gi lavere klimagassutslipp. Bioenergi er basert på fornybare ressurser og er CO<sub>2</sub> nøytral hvis produksjonen inngår i det biologiske kretsløpet.

Vi har beregnet det teknisk-økonomiske potensialet for bioenergi til oppvarming og kraftproduksjon i Norge. Beregningene er basert på statistikk for energibruk, bolig- og befolkningsstruktur, råstofftilgang og produksjonskostnader. I tillegg har vi også analysert hvilke økonomiske forutsetninger som må være tilstede dersom bioenergi skal kunne få en viktigere plass i det norske energimarkedet. Det er anvendt en økonomisk analysemodell som tar hensyn til transportkostnader, konkurranse om råstoffet fra skogindustrien, samt at økt etterspørsel etter råstoff gir økning i råstoffprisen.

## Potensiale for bioenergi i Norge

Nyttiggjort energi basert på biobrensel utgjorde ca 11,6 TWh i 2003. Av dette utgjorde avfall i fjernvarmeanlegg ca 1 TWh. Vedovner i husholdningene og forbrenning av restprodukter i skogindustrien er



Foto: Petter Haugmeland

**DEN NYE OLJE? Bruken av bioenergi til oppvarming kan øke betraktelig i Norge med de rette rammevilkårene.**

de viktigste kildene for bioenergi i Norge. Rimelig elektrisk kraft i flere ti-år har gjort at det finnes begrenset med vannbårene oppvarmingsystemer i Norge. Installering av vannbåren varme i eksisterende bygninger er kostbart og sjeldent lønnsomt med de kraftprisene og de begrensede støtteordningene som finnes i Norge. Potensialet for bioenergi til oppvarming begrenses derfor i praksis til punktoppvarming med vedovner og pelletskaminer og bruk av bioenergi i eksisterende vannbårene systemer som i dag fyres med olje eller elektrisitet, samt til nye

bygg. Figur 1 viser hvordan nyttiggjort energi og potensialet for bioenergi til oppvarming fordeler seg på hovedteknologiene for bioenergi til oppvarming. Samlet potensiale for bioenergi til oppvarming basert på ved, pelletskamin og eksisterende vannbåren varme eller vannbåren varme i nye bygg er omlag 24 TWh inkludert dagens produksjon i skogindustri og avfallsanlegg. Dette gir en mulig økning på ca 12 TWh, og vil kreve en råstofftilgang tilsvarende ca seks millioner kubikkmeter tømmer, eller om lag halvparten av årlig tømmeravvirkning i Norge.

**Erik Trømborg og Birger Solberg** er hhv forsker og professor ved Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB).

**Torjus F. Bolkesjø** er senioranalytiker i Point Carbon

**Arild Olsbu** er avdelingsleder i Nettkonsult AS.

## Avhengig av de økonomiske rammevilkårene

Enkelte konsumenter velger bioenergi ut fra spesielle preferanser, men økt bruk av bioenergi er avhengig av at det er lønnsomt for den enkelte kunde. Vi har beregnet produksjonen av bioenergi i ulike teknologier og med ulike forutsetninger om utviklingen i energiprisen. Analysene er gjort i en modell som tar hensyn til transportkostnader, konkurransen om råstoffet fra skogindustrien, samt at økt etterspørsel etter råstoff gir økning i råstoffprisen.

Figur 2 viser sannsynlig netto-produksjon av bioenergi til oppvarming utenom dagens bioenergiproduksjon i skogindustrien. Analysene viser at energiprisene har nådd et nivå som gjør konvertering av oljebaserte sentralvarmeanlegg til biobrensel og nye fjernvarmeanlegg basert på sentralvarme lønnsomt. Pga rimelig kraft og olje vil bioenergi få svært liten betydning i industrien, bortsett fra i skogindustrien som bruker egne restprodukter til varmeproduksjon.

### Støtte til bioenergi?

Usikkerheten når det gjelder utviklingen i energiprisene kan være et hinder for at lønnsomme investeringer i ny teknologi finner sted. Dersom samfunnet trenger mer fornybar energi, kan det være riktig å gi støtte til slike investeringer. Basisscenariet viste at fjernvarme i mange tilfeller er økonomisk lønnsomt ved en varmepris på 0,55 kr/kWh + mva og sju prosent avkastningskrav. Ved en varmepris på 0,50 kr/kWh + mva vil en investeringsstøtte på 20 prosent gjøre mange eksisterende vannbåren varmesystemer i sentrale strøk lønnsom for fjernvarme. Installering av fjernvarme i nye bygninger er lønnsom ved en varmepris på omlag 0,65 kr/kWh dersom det gis en investeringsstøtte på 50 prosent. El-produksjon basert på skogråstoff i varmekraftverk (CHP) vil kreve 50 prosent investeringsstøtte og salg av kraft til ca 1 kr/kWh for være lønnsomt. Ordningen med grønne sertifikater gir i Sverige et tillegg på markedsprisen som per februar 2007 er på NOK 0,19/kWh. Dette ville alene ikke være tilstrekkelig for å gjøre el-produksjon basert på skogråstoff lønnsomt i Norge. Varmeleveranser til industri som treforedling eller store fjernvarmeanlegg, høye varmepriser,

for eksempel i konkurranse med olje/gass og/eller lave brenselkostnader gjennom egne ressurser eller ressurser med lav alternativ verdi, er forutsetninger for lønnsom el-produksjon basert på biomasse.

Ellers i Europa støttes varme-produksjon basert på biomasse med investeringsstøtte i størrelsesorden 20-40 prosent, om lag som i Norge. For kraftproduksjon basert på biomasse er det i 75 prosent av medlemslandene i EU etablert "feed-in ordninger" som gir produsentene en ekstra inntekt på markedsprisen. Figur 3 viser omfanget på denne støtten i en del land. Som det fremgår av figuren, er støtten til kraftproduksjon basert på biomasse i Norge svært lav sammenlignet med andre europeiske land. Lavt støttenivå vil i kombinasjon med lave og usikre kraftpriser gi en ubetydelig kraftproduksjon basert på bioenergi i Norge.

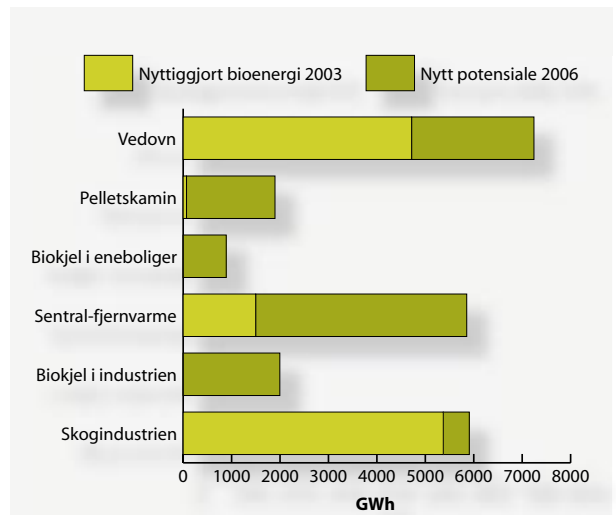
### Bioenergi vil bli en viktigere del av energiforsyningen

Utviklingen i energiprisene og dagens virkemiddelpolitikk vil gjøre det mulig å øke produksjonen av bioenergi fra dagens ca 13 TWh til om lag 20 TWh nyttiggjort energi i Norge innen år 2015. Dette vil innebære at 12 til 14 prosent av det stasjonære energiforbruket kommer fra bioenergi dersom forbruket fortsetter å øke med dagens takt.

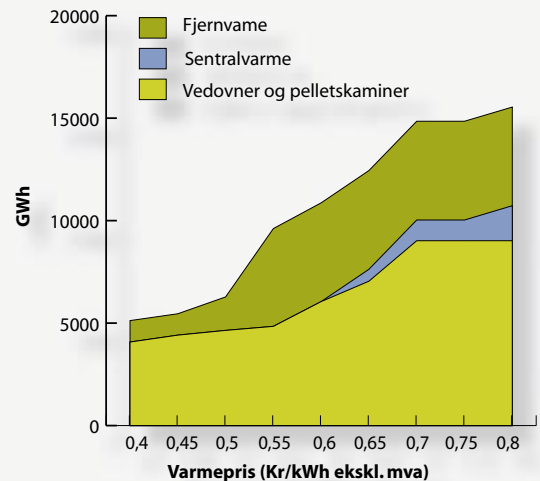
I Norge kan bioenergi i første rekke erstatte bruk av olje i bygg med vannbåren varme og vil derfor i liten grad dempe etterspørselen etter elektrisitet. Økt bruk av ved- og pelletsovn kan samlet redusere elektrisitetsforbruket med tre til fire prosent. Med fortsatt økning i el-prisene, teknologisk utvikling og sterkere politisk vilje til å legge premissene fra Kyoto til grunn i virkemiddelpolitikken, kan imidlertid kombinert varme- og el-produksjon basert på biomasse på sikt bli lønnsomt i Norge.

Usikkerhet om utviklingen i energiprisene og den lange tidshorisonten ved investeringene er hovedutfordringene for økt satsing på bioenergi. Dagens virkemiddelpolitikk reduserer i begrenset grad usikkerheten knyttet til investeringene. Skal bioenergi utgjøre en viktig del av norsk energiforsyning, trengs en mer offensiv virkemiddelpolitikk, offentlig bevissthet i form av konsesjoner og krav, og mer kompetanse på området.

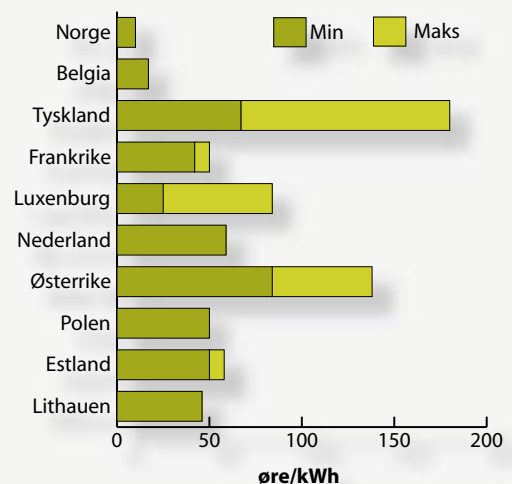
Last ned rapporten på [www.umb.no/ina/publikasjoner/](http://www.umb.no/ina/publikasjoner/)



Figur 1. Teknisk-økonomiske potensiale for ulike bioenergi teknologier til oppvarming.



Figur 2. Estimert nettoproduksjon av bioenergi i år 2015 under ulike energiprisscenerier. Prisen er levert forbruker eksklusiv mva. Bioenergi-produksjonen i skogindustrien (ca 5,3 TWh) er ikke inkludert i figuren. Analysen er basert på et avkastningskrav på sju prosent (realrente).



Figur 3. Nivået for "feed-in" tariffen (subsidie per produsert kWh) for produksjon av elektrisitet basert på biomasse i utvalgte europeiske land.

Kilde: Institute for Energy and Environment, Leipzig 2006.

# Hvor ble det av orkanene?

Hans Martin Seip

Orkanene i Karibia og det østlige USA forårsaket store ødeleggelser i 2005. Spesielt gjorde orkanen Katrina stor skade. På forsommeren 2006 var det mange tegn på at en kunne få en ny sesong med ødeleggende orkaner i samme området. Overflate-temperaturen i havet var høyere enn normalt. Det var heller ikke noe tegn til El Niño som med tre til sju års mellomrom gir varmere vann på vestkysten av Sør-Amerika. Dette medfører endret atmosfærisk sirkulasjon i Atlanteren som kan motvirke orkanutvikling der. Men de skremmende prognosene slo ikke til. Sesongen var normal uten orkaner i de områdene som ble så hardt rammet året før.

## Sand fra Sahara

Forskerne William K-M Lau (NASA Goddard Space Flight

### Hans Martin Seip

er professor ved Kjemisk institutt, UiO og ved CICERO Senter for klimaforskning (h.m.seip@cicero.uio.no).



Foto: NASA

FÆRRE ENN FORVENTET. I 2006 ble det færre orkaner enn forskerne regnet med. En teori er at sand fra Sahara reduserte antallet orkaner.

Center) and Kyu-Myong Kim (Goddard Earth Sciences and Technology Center) har ved å studere ulike satellittmålinger nylig kommet med en mulig forklaring på hvorfor orkansesongen 2006 ikke ble som forventet. Riktignok dukket El Niño effekten uventet opp i begynnelsen av august, men Lau og Kim mener at støv fra Sahara som vinden fraktet over Atlanterhavet, var den avgjørende faktoren. Støvet førte til en avkjøling i store deler av det nordlige Atlanterhavet, noe som igjen førte til

at det ikke dannet seg tropiske stormer eller orkaner i det vestlige Atlanterhavet eller i Karibia, mener Lau og Kim.

Ifølge Kerrs kommentar-artikkel i Science er ikke alle forskere innen feltet overbevist om at det er en årsakssammenheng mellom støvet fra Sahara og den dårlige overensstemmelsen mellom orkanprognosene og virkeligheten selv om de finner hypotesen interessant. Men er det riktig at støv betyr så mye, vil utsiktene til pålitelige langtidsprognoser for orkaner ikke være gode. Det vil

neppe være mulig i overskuelig fremtid å forutsi for måneder fremover hvor store støvmengder fra Sahara som vil spres over Atlanteren.

## Referanser

- R. A. Kerr, A dose of dust that quieted an entire hurricane season? Science, 315 (2007), 1351.
- W. K-M. Lau and K-M Kim, 2007. How nature foiled the 2006 hurricane forecasts. EOS Trans. American Geophysical Union, 88, No 9, 27 Feb. 2007.

## Klart for klimaløftet

Miljøvernminister Helen Bjørnøy nylig kampanjen Klimaløftet. CICERO er en av samarbeidspartnerne som skal gi faktisk kunnskap om klimaproblematikken i forbindelse med kampanjen.

- Vi skal løfte sammen for et bedre klima og vi skal forplikte oss til å redusere utslippene. Kampanjen er viktig for

å gi informasjon om hvordan vi skal gå frem, sier miljøvernminister Helen Bjørnøy.

Klimaløftet skal rette seg mot husholdninger, bedrifter, kommuner og offentlig etater. Kampanjen skal bidra til økt forståelse, engasjement og motivasjon til å være med og redusere klimautslippene. Eksempler er foredragsturneen

”Himmel og Hav” som Siri Kalvig skal holde sammen med andre fra Storm og Meteorologisk institutt, skreddersydde foredragspakker, et handling-

sprogram for næringslivet og en fotokonkurranse ved navn ”Se klima!”.

[www.klimaloftet.no/](http://www.klimaloftet.no/)

KLIMALØFTET

# Gi lokalbefolkningen plass i arktisk forskning

**Forskning er et nyttig verktøy når man ønsker å forstå hvordan klimaendringer påvirker Arktis. Men det er viktig at lokalbefolkningen inkluderes i forskningen.**

## Sean Doherty

Det internasjonale polaråret starter 1. mars i år. Dette blir en spennende tid for forskning på miljø og klimaendringer i Arktis. Mange prosjekter vektlegger å inkludere dem som bor i området og har interesser der. Et slikt fokus blir i stadig større grad, med suksess, brukt i forskning på klimaendringer i Arktis og annen arktisk forskning. Med denne stigende interessen for dem som har interesser i området – innbyggere, gruppene og lokalt næringsliv som vil bli påvirket av endringen i miljøet – er det viktig at dette ikke blir tatt lett på. Det er viktig at ord som omtaler denne delen av forskningen ikke tas med i søknader og artikler bare fordi de virker relevante eller kan gi økt pengestøtte. Argumentet for å inkludere lokalbefolkningen i forskningsprosessen virker åpenbart for noen og lite overbevisende for andre. Det er viktig å tenke gjennom hvorfor lokalsamfunn må være involvert i forskningen, særlig

når man dokumenterer klimaendringer. Man må tenke gjennom hvorfor dette er en nødvendig og verdifull strategi for å utføre troverdig forskning.

### Ikke i et vakuum

Mange har tillit til forskning og tenker at den gir objektiv informasjon. Men realiteten er at ingenting, heller ikke forskning, eksisterer i et vakuum. Forskning blir formet av holdningene i samfunnet der den blir gjort. Verdigrunnlaget i et samfunn påvirker for-

av hegemoniet i et samfunn og av perspektivene til dem som utfører forskningen – uansett om dette er intensjonen eller ikke. Fordi ett perspektiv ikke kan belyse hele virkeligheten, kan nytten av forskning økes dramatisk ved å inkludere perspektivene til dem som blir mest påvirket av forandringer i miljøet. Altfor ofte blir forskning gjort uten å ta hensyn til perspektivene og behovene til sluttbrukerne, særlig når dette er marginaliserte grupper.

Når man ser på denne delen

da kan dra nytte av all kunnskapen lokalbefolkningen sitter med. Denne kunnskapen kan løfte forskningen til et høyere nivå. Vi kan kalle kunnskapen tradisjonell, økologisk, innfødt eller lokal, men uansett er det en legitim og dynamisk kunnskap som er blitt utviklet gjennom systematisk observasjon og et liv i lokalmiljøet over lang tid. Forskning krever observasjoner, og ofte kan arktisk forskning bare gjøre observasjoner over korte og usammenhengende tidsperioder. Da kan lokal kunnskap være svært verdifull fordi den gir en langsiktig og detaljert forståelse av området. Lokal kunnskap kan bli brukt direkte i undersøkelser av observerte endringer. Ved å bruke slik kunnskap i vitenskapelig forskning, kan forskernes fokus bli vridd mot de aspektene som er viktige for lokalbefolkningen.

Mennesker i Arktis må ikke få en passiv rolle i forskningen. Forskerverdenen må anse dem som potensielle medforskere, med store økologiske kunnskaper om sine samfunn. De er sluttbrukere som stoler på at forskningsresultatene blir tilgjengelige og relevante. Når forskningen inkluderer lokalbefolkningen, kan den både bli mer solid og mer nyttig.

**“Argumentet for å inkludere lokalbefolkningen i forskningsprosessen virker åpenbart for noen og lite overbevisende for andre.”**

skningen, noe som får konsekvenser. Man trenger bare å ta en rask kikk på historien for å bli minnet på at forskning er blitt misbrukt. For ikke så lenge siden var kranimetri, en disiplin som feilaktig pekte på forskjeller i størrelser på hodeskaller mellom raser, sett på som legitim forskning og brukt som et ”bevis” på hierarki mellom raser. Forskningen bidro til å legitimere slaveri og andre urettferdige samfunnsordninger på den tiden. Det er kanskje ikke riktig å sammenligne dagens forskning på klimaendringer med kranimetri, men eksempelet belyser at forskning lett kan påvirkes både

av forskningens historie, og samtidig vet at menneskene i Arktis lenge er blitt marginalisert, blir det enda mer klart at det er nødvendig å inkludere lokalbefolkningen i forskningen som blir gjort. Dette er spesielt viktig hvis man jobber med folks reaksjoner på klimaendringer. Like mye som forskning blir drevet av nysgjerrigheten til forskere, må den basere seg på behovene til dem forskningen angår.

### Styrker forskningen

Lokalbefolkningen bør inkluderes for å gjøre forskningen mer demokratisk. Men den bør også inkluderes fordi man

## Sean Doherty

var gjestestudent på CICERO fra IISD (Young Circumpolar Leaders Program 2006-07).

Oversatt av Silje Pileberg

# – Myndighetene må på banen

De forventede gevinstene for private investorer ved utvikling av klimavennlig teknologi er ikke overbevisende. For å sikre forskning og utvikling må myndighetene derfor betale, mener Knut H. Alfsen, som i denne artikkelen også foreslår en internasjonal teknologiavtale.

## Knut H. Alfsen

Vi har nettopp fått den fjerde rapporten fra Arbeidsgruppe 1 i FNs klimapanel som bekrefter at klimaendringene skjer, at de er overveiende menneskeskapte, og at de er bekymringsfulle. Stern-rapporten som kom i fjor høst poengterte at følgene av en temperaturøkning på over 2-3 grader vil være dramatiske.

Kyoto-protokollens første forpliktelsesperiode varer fra 2008 til 2012, men denne protokollen vil alene gjøre lite for å bremse utslippene av drivhusgasser. Man risikerer til og med at den ikke engang vil oppfylle de beskjedne målsettingene den har. EUs mål om å unngå en temperaturøkning som er høyere enn 2 grader fra før-industrielt nivå er derfor sannsynligvis allerede utenfor rekkevidde.

### Ny teknologi

Hvis vi skal bremse utslippene slik at vi unngår en større temperaturøkning enn 2-3 grader, vil en moderat omlegning av dagens livsstil langt fra være nok. Det trengs en storstilt teknologiomlegging til nær utslippsfrie løsninger, særlig i energi- og transportsektorene, og dette bør skje raskt. Gitt fortsatt vekst i land som Kina og India vil det, i de kommende tiårene, bli bygget mer infrastruktur i byer enn det noen gang har blitt bygget i menneskets historie. Det samme vil sannsynligvis gjelde for kraftstasjoner og biler. Hvordan denne infrastrukturen blir bygget, kommer til å ha stor betydning for framtidige



KÅRSTØ. Statsminister Jens Stoltenberg og informasjonsdirektør Geir Fuglset i Naturkraft (t.h.) under et besøk på Kårsto-anlegget i Nord-Rogaland som er aktuelt for å teste ut ny teknologi for å håndtere utslipp av CO<sub>2</sub>.

klimagassutslipp og kostnadene ved å redusere disse utslippene i tiårene framover.

For at Kina og India skal implementere klimavennlig teknologi, må vi gjøre slik teknologi relativt billig. Til dette trengs det forskning og utvikling i stor skala, både for å finne helt nye løsninger og for å forbedre de løsningene som finnes slik at utviklingsland har råd til dem. Når disse løsningene er utviklet, må man så gå i gang med å sikre at de bli implementert. Nå vil det være slik at uansett hvor mye forskning og utvikling som blir gjennomført, vil disse løsningene koste mer enn eksisterende løsninger basert på fossile brensler. Derfor trenger man rammevilkår (kvotehandling

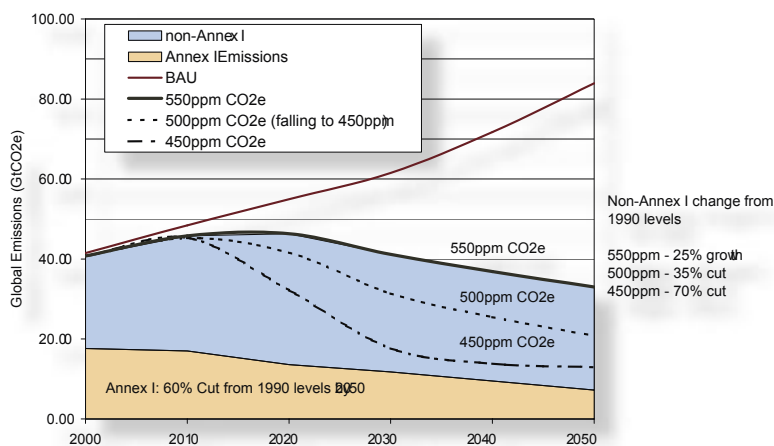
eller utslippsavgifter) som kan sikre at de mest klimavennlige løsningene blir brukt. Kyoto-protokollen kan kanskje bli sett på som et lite steg i denne retningen. Men denne protokollen og andre slike avtaler er ikke tilstrekkelige for å sikre utviklingen av ny teknologi.

### Store kostnader

Private investeringer i forskning og utvikling er motivert av hvilke prisforventninger man har til teknologien når den har nådd et kommersielt stadium. Et stort problem her er at det er regjeringer som vil kontrollere prisen på utslippene. Dette skjer enten ved at man bestemmer et antall kvoter under et kvotehandelsregime, eller mer direkte ved

Knut H. Alfsen

er forskningssjef i Statistisk sentralbyrå  
(knut.alfsen@ssb.no)



Figuren er hentet fra Stern-rapporten (Stern, 2007) og viser hvilke utslippsreduksjoner det vil innebære, for rike og fattige land, hvis man skal stabilisere konsentrasjonen på 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq. eller lavere ved midten av dette århundret. Stern anbefalte en stabilisering på dette nivået, fordi man da kan unngå de farligste klimaendringene. Dagens nivå er rundt 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq. Den øverste linjen viser utslippene hvis man fortsetter som i dag (BAU – Business As Usual). Venstre akse viser gigatonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, det vil si utslipp fra alle klimagasser omregnet til CO<sub>2</sub> i utslippsverdi.

at man bestemmer et avgiftsnivå på utslipp. Uansett vil myndighetene sannsynligvis balansere kostnadene ved utslippsreduksjoner med de forventede gevinstene det vil innebære.

Hvis (og det er et stort hvis) myndighetene kan få private investorer til å ta på seg investeringskostnadene ved å utvikle ny klimavennlig teknologi ved, for eksempel, å love en høy pris på klimagassutslipp i framtida, vil myndighetene likevel ha alle insentiver til å senke utslippsprisen når den nye teknologien er gjort tilgjengelig. Det er nemlig normalt mye billigere å ta i bruk teknologi som er utviklet enn å utvikle slik teknologi. Vi har derfor det man noen ganger kaller en "dynamisk inkonsistens" mellom private investeringskostnader og myndighetenes kontroll over tilbakebetalingen til investorene (Montgomery og Smith, 2005). Private aktører vil derfor ikke stole på myndighetenes løfter og vil derfor være svært forsiktige med å gjøre store investeringer basert på disse.

Løsningen på dette dilemmaet er enkel: Myndighetene må selv betale for den nødvendige forskningen og utviklingen.

Når det gjelder å sikre implementeringen av allerede eksisterende teknologi, endres imidlertid myndighetenes rolle. Normalt bør de ikke subsidiere driftskostnadene av klimavennlig teknologi. I stedet bør de innføre et rammeverk,

for eksempel i form av et kvotehandelsystem, eller ved å introdusere klimagassavgifter, slik at de foretrukne teknologiske løsningene er lønnsomme alternativer i markedet.

#### Lavhengende frukt

Teknologiutvikling er dyrt, og argumentet vi noen ganger hører er at vi i industrialiserte land bør vente, og i stedet

**"Hvis vi venter for lenge med å utvikle løsninger som man har råd til å gjennomføre, vil det bli langt dyrere å redusere framtidige utslipp."**

konsentrere oss om "å plukke lavhengende frukt", altså først gjennomføre de utslippsreduksjonene som koster minst. Dette vil sannsynligvis bety kjøp av CDM-kvoter fra utviklingsland.

Argumentet om lavhengende frukt er svakt, av to grunner: Den første er at vi har hastverk. Hvis vi venter for lenge med å utvikle løsninger som man har råd til å gjennomføre, vil det bli langt dyrere å redusere framtidige utslipp.

Den andre årsaken er at vi, metaforisk sagt, vil måtte komme til å plukke *alle* fruktene. For å nå annen frukt enn den som henger lavt vil vi trenge en stige, og denne tar det tid å bygge. For at vi skal kunne begynne å plukke den høyhengende frukten når den lavhengende er blitt plukket, må vi

begynne å bygge stigen nå.

#### Todelt oppgave

Vi har to utfordringer: Vi må utvikle ny teknologi, og vi må sørge for at den blir implementert. Dette vil kreve to typer verktøy: Offentlig støtte til forskning og utvikling, og en "riktig pris" på klimagassutslipp. Denne todeltheten bør også, ideelt sett, bli gjenspeilet

organ i denne forbindelsen. Partene til avtalen kan bringe ressurser til "rådet", som så kvalitetssikrer og koordinerer forslag til prosjekter. Delta-kerne kan få en proporsjonell andel av ressursene tilbake i form av forskningskontrakter, testfasiliteter etc. Forsknings- og utviklingsgruppene bør likevel være internasjonalt sammensatt slik at en sikrer overføringer av kunnskap og teknologi mellom partene.

Teknologiavtalen bør sikre langsiktig offentlig finansiering av forskning, utvikling og testing av nøkkelteknologier, med fokus på deltakerlandenes ønsker og komparative fortrinn. Jeg tror at en slik forsknings- og utviklingsbasert avtale skulle ha gode sjanser til å være selvforsterkende. Den ville også sannsynligvis være attraktiv for land som ikke er blant kjernen av de industrialiserte landene. Et slikt samarbeid vil kunne trekke til seg deltakere som er interesserte i a) energisikkerhet og klimafordeler, b) et samarbeid om forskning og teknologi, og c) økt konkurranseevne og handelsmuligheter innen et fremtidig klimamarked.

For å oppsummere: En viktig del av løsningen på klimaproblemet er å erkjenne at offentlige midler er svært viktige: Disse vil måtte finansiere en stor del av forskningen og utviklingen av ny klimavennlig teknologi. Årsaken til dette er at myndighetene, som bestemmer framtidige priser på klimagassutslipp, vanskelig kan overbevise private investorer om at de vil få tilstrekkelig tilbakebetaling for eventuelle investeringer i ny klimateknologi. Offentlige subsidier til teknologiutvikling, samt lovfestede teknologistandarder og utslippsmål for framtida, er derfor nødvendige tillegg til et kvotehandelsregime.

Oversatt av Silje Pileberg

Kronikken er skrevet med bakgrunn i den nylig utgitte rapporten "A broader palette: The role of technology in climate policy" av Knut H. Alfsen og Gunnar S. Eskeland på oppdrag fra det svenske finansdepartementet.

<http://www.expertgruppenformiljostudier.se/uploads/files/48.pdf>

# Lærer energi av hverandre

**Sverige, Danmark, Finland og Norge har i dag svært ulik energipolitikk. Et nordisk energiprojekt skal gjøre det lettere for landene å lære av hverandre.**

## Silje Pileberg

Norge har fossefall. Sverige har atomenergi, Finland og Danmark har fossilt brensel. De fire naboene har ulike naturressurser og har historisk satset forskjellig, og de har mye å lære av hverandre, mener hjernene bak prosjektet Nordic Energy Perspectives, som samler svensker, dansker, finner og nordmenn rundt samme bord. – Prosjektet skaper et verdifullt møtested. Summen av erfaringer som landene har er større enn det ett land har erfart på egen hånd, sier talskvinne Monica Havskjold.

## Kulturforskjeller

Havskjold peker på at det også finnes kulturforskjeller mellom de fire nabolandene.

– Jeg tror det er historien som gjør at vi har litt ulik tilnærming til problemstillingene, og disse ulikhetene har vi stor nytte av. Vi nordmenn er for eksempel svært opptatt av omlegging av energisystemet, mens de øvrige i større grad er opptatt av EU-reguleringer, sier hun.

I tillegg til å være et møtested for ulike nasjonaliteter, samler Nordic Energy Perspectives næringsliv, myndigheter, universiteter og konsulenter.

– Vanligvis sitter disse på hver sin tue. Ved å samle folk fra ulike bransjer på seminar, kan

de enkelte aktørene presentere de utfordringene de står overfor. Forskerne kan forske på det som er mest nyttig for dem som skal ta resultatene i bruk, sier Monica Havskjold.

**“Det er et felles trekk for alle landenes energipolitikk at de har “fullt fokus på alt” ... Vi ser et klart behov for en prioritering av målsettingene.”**

*Monica Havskjold*

## Annerledesvann

Da staten Norge kjøpte sin første foss i 1895 startet en annerledes energihistorie enn i nabolandene. Kraftverk ble bygd ut over hele landet og nå er 98,5 prosent av vår innenlands kraftproduksjon vannkraft. Norge skiller seg i dag fra resten av verden fordi landet har en stor grad av direkte elektrisk oppvarming. Slike systemer gir ingen fleksibilitet for brukeren med hensyn til valg av energikilde.

– Norge er et annerledesland. Vi har basert oppvarmingen vår på direkte elektrisitet og står overfor en stor omlegging. Norge må bygge ut en infrastruktur i retning av det de andre landene allerede har, men ikke nød-

vendigvis i samme omfang, sier Havskjold.

Hun sikter til infrastrukturen for vannbåren varme. Sverige og Finland har de siste årene i stadig større grad brukt bio-brensel i oppvarmingen av husstander. Dette har vært en enkel omlegging fordi infrastrukturen har vært på plass: Land som tradisjonelt har erfaring med oljefyring, har allerede radiatorsystemer. Det eneste som må endres, er selve tilførselen av varme.

Vannbåren varme velges i dag i 45 prosent av nye eneboliger i Norge. Ifølge Monica Havskjold er vi heldige som kan rette brillerglassene østover.

– Vi står overfor en omlegging som andre land er ferdig med. Selv om Norges utgangspunkt er forskjellig, er det mye vi kan lære, sier hun.

## Felles utfordringer

Men det er ikke bare Norge som kan lære av gode naboer. De kan også lære av oss, påpeker hun.

– Norge var svært tidlig ute med deregulering av kraftmarkedet. Vi valgte å skille distribusjon og produksjon og konkurranseutsette kraftproduksjonen. Dette gir Norge en erfaring andre land, for eksempel EU-land, vil kunne ha nytte av, sier Havskjold.

– Men kunne ikke landene lært av hverandre også uten et prosjekt som dette?



**RENERGI** – Fremtidens rene energisystem

Norges forskningsråd | Store programmer

RENERGI (2004–2014) er et av Norges forskningsråds «Store programmer». Hovedmålet til RENERGI er å utvikle kunnskap og løsninger som grunnlag for miljøvennlig, økonomisk og rasjonell forvaltning av landets energiresurser, høy forsyningsikkerhet og internasjonalt konkurransedyktig næringsutvikling tilknyttet energisektoren. RENERGI samler både den grunnleggende forskningen, den anvendte teknologiske forskningen og den samfunnsfaglige forskningen.

[www.forskningsradet.no/renergi](http://www.forskningsradet.no/renergi)



FELLES KRAFTTAK. De fire nordiske landene har et felles kraftmarked der de utveksler energi, og de har fysisk nærhet til hverandre. I tillegg har de like utfordringer på forsyningssikkerhet, bærekraftighet og kostnadseffektive løsninger.

Foto: EU

– Det blir en ekstra gevinst ved at forskerne faktisk sitter rundt samme bord og diskuterer problemstillinger og angrepsmåter, til forskjell fra at vi jobber med hver våre problemstillinger og møtes for å presentere løsninger for hverandre. På samme måte er det svært viktig å samle myndigheter og industri fra ulike land for å presentere sine problemstillinger både for forskere og for hverandre.

Havskjold peker på at selv om Norge, Sverige, Finland og Danmark har ulike erfaringer, har de også mye til felles.

– De fire landene har et felles kraftmarked der de utveksler energi, og de har fysisk nærhet til hverandre. I tillegg har de like utfordringer, sier hun og viser til at prosjektet bygger på tre ”bein”, som også er sentrale for landenes energipolitikk:

– Vi setter fokus på forsyningssikkerhet, bærekraftighet og kostnadseffektive løsninger.

#### Utslippsreduksjon viktig

Å redusere landenes CO<sub>2</sub>-utslipp beskriver hun som en svært viktig målsetting.

– Vi har et veldig fokus på virkemidler for å redusere klimagassutslippene og utvikle satsingen på fornybar energi. Prosjektet ønsker å synliggjøre Norden som en foregangsregion på fornybar energi, poengterer Havskjold.

Også markedet for CO<sub>2</sub>-

kvoter er blitt grundig studert i Nordic Energy Perspectives. Vurderingene gjøres av teknologer, økonomer og jurister fra de ulike landene.

– I første fase av prosjektet så vi på kvotehandelsregimet til EU og forsøkte å trekke erfaringer fra dette i forhold til videreutvikling av virkemidler. Vi studerte også hvordan det påvirket energipolitikken. På samme måte har vi sett på det

svenske markedet for grønne sertifikater. Det er viktig å vurdere ulike virkemidler for å finne de løsningene som mest kostnadseffektivt reduserer klimagassutslippene.

– Hva har dere funnet?

– Det er et felles trekk for alle landenes energipolitikk at de har ”fullt fokus på alt”. Dette har resultert i mange ulike virkemidler, som det er vanskelig å forutse den samlede

effekten av. Vi ser et klart behov for en prioritering av målsettingene.

#### Variert respons

Monica Havskjold forteller at den responsen prosjektet har fått fra myndighetene, varierer fra land til land.

– I utgangspunktet har de svenske myndighetene vist mest interesse. Prosjektet har i første fase hatt sitt tyngdepunkt rent finansielt i Sverige. Det har vært litt mer utfordrende å få Norges vassdrags- og energiverk på banen. Men Enova er med, forsikrer hun.

Styreleder for prosjektet er Thomas Korsfeldt, generaldirektør i Statens Energimyndighet i Sverige.

– Hvilken respons har dere møtt fra de andre aktørene?

– Responsen har vært positiv, det har vært god deltagelse fra både store og små energiselskaper på arrangementene våre, med gode innspill i diskusjonene. De bidrar dessuten med finansiering, både via Energi-bedriftenes landsforening og direkte. Vi skulle gjerne hatt større involvering fra fjernvarmesiden, fra gasselskaper og fra bioenergisektoren, men dette jobber vi med, avslutter Monica Havskjold.

## Prosjektet

- **Nordic Energy Perspectives** er et tverrfaglig prosjekt med et nordisk energiperspektiv. Rundt 20 forskere deltar, både teknologer, økonomer, samfunnsvitere og jurister.

- Prosjektet vektlegger formidling av forskning og dialog mellom forskere, myndigheter og bransje. Det arrangeres workshops og konferanser i alle deltagende land.

- 20 aktører har bidratt finansielt, blant annet Norges Forskningsråd (RENERGI), Enova, Energi-bedriftenes landsforening (EBL) og Statoil.

- Første fase av prosjektet varte fra april 2005 til september 2006. Andre fase starter i april 2007 og vil vare fram til prosjektet avsluttes i 2009.

**Kilde:** Nordic Energy Perspectives

## Nordisk energiproduksjon

- I **Norge** er elektrisitetsproduksjon totalt dominert av vannkraft.

- I **Sverige** er 40-45 prosent av elektrisitetsproduksjonen basert på kjernekraft, i tillegg er det en mindre andel på mellom 5-10 prosent med olje- og biobrenselbasert kraftproduksjon. Vannkraft utgjør rundt halvparten av svensk elektrisitetsproduksjon.

- I **Danmark** er det et stort innslag av varmekraft i kraftproduksjonen. I varmekraftverkene benyttes for det meste kull, men også gass og biobrensel bidrar. Elektrisitetsproduksjon basert på fornybare energiresurser, i all hovedsak vindkraft, utgjør om lag 20 prosent av den samlede elektrisitetsproduksjonen.

- I **Finland** produseres omtrent halvparten av elektrisiteten i kull- og oljebaserte kraftverk. Kjernekraft utgjør rundt en tredel av den samlede produksjonen. I tillegg er det noe vannkraft.

**Kilde:** Norges vassdrags- og energiverk (NVE)

# Mindre usikkerhet – også om naturlige pådriv

Første delrapport i FNs klimapanelers fjerde hovedrapport er klar. Konklusjonene er preget av mindre usikkerhet og bedre observasjoner, metoder, modeller og forståelse. Og naturens eget bidrag til den globale oppvarmingen er mindre enn menneskets.

## Jorunn Gran

Professor Eystein Jansen ved Bjerknessenteret for klimaforskning er en av de norske forskerne som har deltatt i arbeidet med FNs klimapanel (IPCC) sin fjerde hovedrapport. Jansen presenterte hovedkonklusjonene på NORKLIMAs forskerkonferanse på Lillehammer i februar 2007.

### Bedre forståelse av pådrivene – også de naturlige

Jorda varmes opp og tempoet er økende. Mesteparten av oppvarmingen vi har hatt de siste 50 årene er menneskeskapt, konkluderer FNs klimapanel (IPCC) i det vitenskapelige grunnlaget i sin fjerde hovedrapport.

Eystein Jansen ved Bjerknessenteret for klimaforskning påpeker at funnene i IPCCs fjerde hovedrapport bidrar til bedre forståelse av både



Professor Eystein Jansen (til høyre) i samtale med CICERO forskerne Terje Berntsen (til venstre) og Gunnar Myhre (i midten).

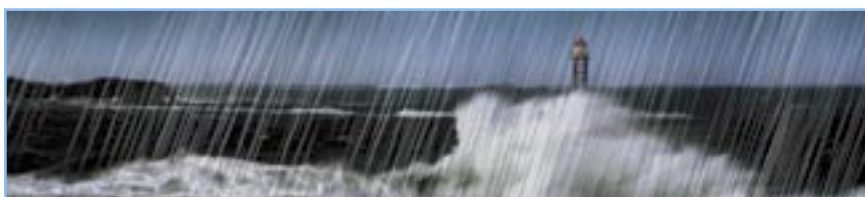
menneskeskapte og naturlige drivkrefter. Klimaforskerne har blant annet gjort ny rekonstruksjon av endringene i solinnstråling, og det mulige bidraget solinnstrålingen gir til

den globale oppvarmingen er revidert. Mindre enn en femtedel av temperaturutviklingen kan forklares med endringer i solinnstråling – og uten menneskeskapte utslipp, hadde

vi opplevd en svak avkjøling de siste 100 årene.

### Likevel usikkerhet

Selv om IPCC konkluderer med at klimapådrivet som skyl-



**NORKLIMA** – Klimaendringer og konsekvenser for Norge

Norges forskningsråd | Store programmer

NORKLIMA (2004–2013) er en nasjonal satsing på klimaforskning og er et av Norges forskningsråds «Store programmer». Klimaforskningen vil bidra med kunnskap til internasjonalt samarbeid om klimaproblematikken, og til alle samfunnssektorer og næringer i Norge som forventes å bli betydelig berørt av klimaendringer. Utfordringene fremover er å stimulere til økt satsing på effektforskning, økt tverrfaglighet i forskningsprosjektene, kobling mellom grunnforskning og anvendt forskning, samt god dialog og samarbeid med aktuelle samfunnssektorer og næringer.

[www.forskningsradet.no/norklima](http://www.forskningsradet.no/norklima)

des vulkanutbrudd og solvariasjoner er mindre viktig, gjenstår fortsatt usikkerheter. Usikkerhetsmomentene i IPCCs konklusjoner er blant annet om hvilken effekt skydannelse og aerosoler vil ha på fremtidig klimautvikling (se artikkel av Storelvmo og Kristjánsson i dette nummeret av *Cicerone*). Det er vanskelig å si hvorvidt skyer demper eller akselererer oppvarmingen i atmosfæren. Også naturens evne til å ta opp karbon er et usikkerhetsmoment; dersom havets evne til å absorbere CO<sub>2</sub> reduseres, er det usikkert hvilken effekt vi vil ha av reduserte utslipp av klimagasser. Endringer i havsirkulasjonen – spesielt i Nord-Atlanteren – er et annet usikkerhetsmoment i IPCCs fjerde hovedrapport. Klimapanelet konkluderer imidlertid med at det er meget usannsynlig at golfstrømsystemet vil kollapse i dette århundret. Det er imidlertid svært sannsynlig at den såkalte termohaline sirkulasjonen vil svekkes i samme tidsrom. Forespeilingene om havnivåstigning er endret i den siste IPCC-rapporten. Forskerne understreker imidlertid at det nye anslaget – som tilsier en havstigning på minimum 50 centimeter dette århundret – er et mindre usikkert anslag sammenliknet med det tidligere anslaget som var på mellom 10 og 90 centimeter i samme tidsrom.

#### Naturlige pådriv

Forskere på NORKLIMAs forskerkonferanse i februar påpekte at naturlig variabilitet ikke har fått stor oppmerksomhet i den siste IPCC-rapporten. Eystein Jansen sier imidlertid at disse faktorene er grundigere behandlet enn noensinne tidligere.

– Det er vanskelig å finne naturlige pådriv som forklarer de globale klimaendringene, sier Jansen. – De siste 50 årene er det vanskelig å finne andre årsaker til globale klimaendringer enn de menneskeskapte. Lenger tilbake finner vi store regionale forskjeller, men i stor skala har man ingen annen forklaring.

# Nye modeller med mulighet for detaljer

**NORKLIMA-forskere etterlyser klimadata og klimamodeller med bedre oppløsning i tid og rom for å ha et forbedret utgangspunkt for å forutsi effekter av klimaendringer i Norge.**

#### Jorunn Gran

Det nye store NORKLIMA-prosjektet *Climate of Norway and the Arctic in the 21st Century (NORCLIM)* vil involvere ti forskningspartnere og skal blant annet resultere i en nytt klimamodelleringsystem innen sommeren 2009. På NORKLIMAs forskerkonferanse i februar 2007 presenterte effektforskere sine forventninger til det nye koordinerte prosjektet.

#### Korte avstander – stor variasjon

Professor Bernt-Erik Sæther ved Institutt for biologi ved NTNU understreker at Norge har en variert topografi som gjør at vi har stor klimavariasjon over korte avstander.

- De økologiske effektene kan dermed også variere over korte avstander, sier Sæther.
- For mange økologiske prosesser betyr variasjon mer enn gjennomsnitt. Det er viktig å være

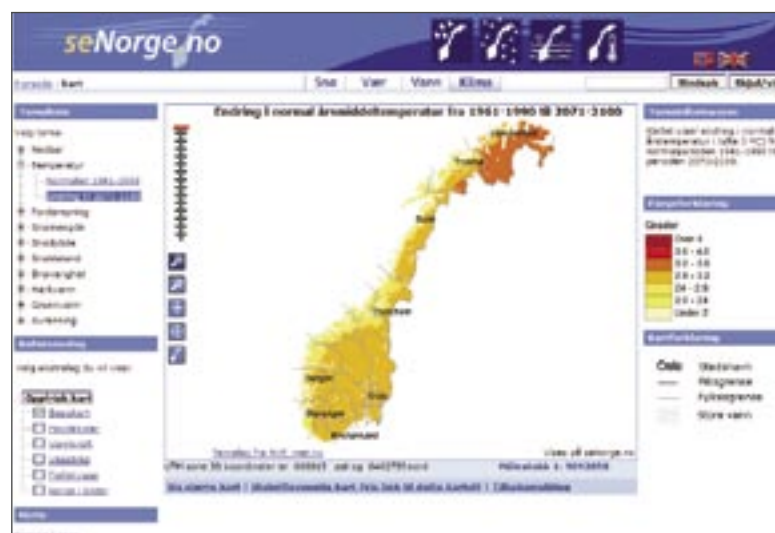
ærlige om det man forutsier og å håndtere usikkerheten i prediksjoner på en ordentlig måte: Vi må separere den variabiliteten som skyldes usikkerhet i modellene, fra usikkerheten i inngangsparametrene.

Sæther ønsker seg prediksjoner av flere klimavariabler enn temperatur – som nedbør og snø. Dette fordi blant annet snø har viktig økologisk betydning for flere økosystemer. Sæther etterlyser også bedre kopling mellom lokale og regionale modeller fordi lokale klimavariasjoner har stor betydning for det vi observerer i norske økosystemer.

#### Flere detaljer

Seniorforsker Kenneth Drinkwater ved Bjerknesentret for klimaforskning påpeker at det er parallell mellom landlivet og marine systemer. Også han ønsker seg mer detaljert informasjon.

- Vi har behov for klimapåvirkningsstudier med høy oppløsning, og trenger bedre forståelse av



SENRORGE. På nettsiden seNorge kan man se hvordan dagens klimamodeller beregner framtidens klima i Norge.

## Climate of Norway and the Arctic in the 21st Century – NORCLIM

**Formål:** Prosjektet skal gi nye og mer nøyaktige klimascenarier for Norge og for Arktis. Målet er å kunne si noe om klimaet i Norge fram til 2100 – dette skal gjøres gjennom utvikling av mer detaljerte og presise modeller.

**Prosjektleder:** Helge Drange, Nansen senter for miljø og fjernmåling

**Partnere i NORCLIM:** Universitetet i Bergen, Norsk institutt for luftforskning, Bjerknessenteret for klimaforskning, Norges vassdrags- og energidirektorat, Nansen senter for miljø og fjernmåling, Meteorologisk institutt, CICERO Senter for klimaforskning, Norsk Polarinstitut, Universitetet i Oslo og Havforskningsinstituttet.

**Tidsramme:** 4 år

koplingen mellom klimaet og marine økosystemer, sier Drinkwater.

Drinkwater etterlyser mer kunnskap om både gjennomsnitt, ekstremere og variabilitet.

### Hva skal vi tilpasse oss til?

Forsker Karen O'Brien ved Institutt for sosiologi og samfunnsgeografi ved Uni-

versitetet i Oslo sier det nye prosjektet er lovende og kan være til nytte for samfunnsfaglig forskning.

– Vi kan tilpasse oss. Men hva må vi tilpasse oss til? spør O'Brien. Hun mener det forrige store koordinerte prosjektet RegClim skapte et godt utgangspunkt og at det nye prosjektet bør ta utgangspunkt i usikkerheten.

– Hvilke konsekvenser vil vi få fra smelting av havis i Arktis, hva vil lengre sesong bety for skipsfart, frakt og utvinning av olje, gass og mineraler? spør O'Brien.

### Hvordan endres rasparametrene?

Anders Solheim ved Norges Geotekniske Institutt (NGI) sier god oppløsning i tid og rom er helt avgjørende.

– Det er ikke bra nok å snakke om Vestlandet eller Nord-Norge. Vi trenger dessuten reduserte og tallfestede usikkerheter, sier Solheim.

Solheim er koordinator i forskningsprosjektet GeoExtreme på vegne av NGI. Med utgangspunkt i GeoExtreme sine funn om værparametre for skred, har han flere problemstillinger han ønsker svar på fra det nye, store forskningsprosjektet:

– Endres framherskende nedbørsførende vindretninger? Hvordan endres nedbør og snømengde i forskjellige høyder? Påvirkes frekvensen av ekstreme værhendelser – og hvordan endres frekvensen av brå snøsmeltningshendelser sammen med kraftige regnskyll? spør Solheim.

### Jorunn Gran

er journalist. Gran har tidligere jobbet som informasjonskonsulent ved CICERO (jorunngr@online.no).

# Har studert fortidens klima i Norge

Prosjektet NORPAST-2 er ett av fire store NORKLIMA-prosjekter som nå avsluttes. NORPAST-2 har hatt som mål å få bedre kunnskap om mønster, variabilitet og påvirkningsfaktorer ved tidligere klimaendringer i Norge og i norske kystområder.

### Jorunn Gran

Nalan Koc ved Norsk Polarinstitut har ledet den modulen innenfor NORPAST-2-prosjektet som har observert klimavariabilitet over tiår og hundreår i Den Norske Atlanterhavsstrømmen – og hvilken påvirkning endringene har hatt på norsk klima i perioder vi ikke har konkrete målinger for. Målet har vært å skaffe data som kan bidra til å kvalitetssikre klimamodeller, og Koc kan blant annet vise til at det var fire til fem grader varmere utenfor Norge i det holosene klimaoptimum for 7000 til 10000 år siden enn i dag.

– Mer solenergi på høyere breddegrader er en veldig naturlig forklaring på temperaturen, sier Nalan Koc.

Koc påpeker også at den naturlige variabiliteten i Norskestrømmen har vært på én til to grader de siste 3000 årene, mens variabiliteten i Øst-Grønlandstrømmen har vært på en halv til én grad.

– Det er godt samsvar mellom det vi ser i havet og temperaturen på land, og breene i Norge var helt nedsmeltet i tidlighologen.

## En global klimamodell?

Utvikling av en global klimamodell – Earth System Model (ESM) – blir presentert som ett mål fra det nye prosjektet Climate of Norway and the Arctic in the 21st Century (NORCLIM).

Prosjektleder Helge Drange ved Nansen senter for miljø og fjernmåling mener det ikke er å ha for høyt ambisjonsnivå når NORCLIM ønsker å komme opp med en global klimamodell.

– Norge er et rikt land, vi vet hvorfor vi har et spesielt ansvar. En global klimamodell vil gjøre Norge bedre rustet til å tolke resultater utenfra inn i norske forhold, sier Drange.

# Partikler gir mindre avkjøling enn tidligere antatt

Menneskeskapt utslipp av partikler (aerosoler) innvirker på klimaet blant annet gjennom deres påvirkning på skyer. Dette har til nå vært en av de største kildene til usikkerhet i beregninger av framtidens klima.

Trude Storelvmo og Jón Egill Kristjánsson

Ifølge enkelte modellstudier har denne effekten en tilnærmet like stor avkjølede virkning på dagens klima som oppvarmingen på grunn av menneskeskapt utslipp av drivhusgasser. Dette er tilsynelatende et dilemma, da det ikke harmonerer med den observerte globale temperaturøkningen det siste århundret.

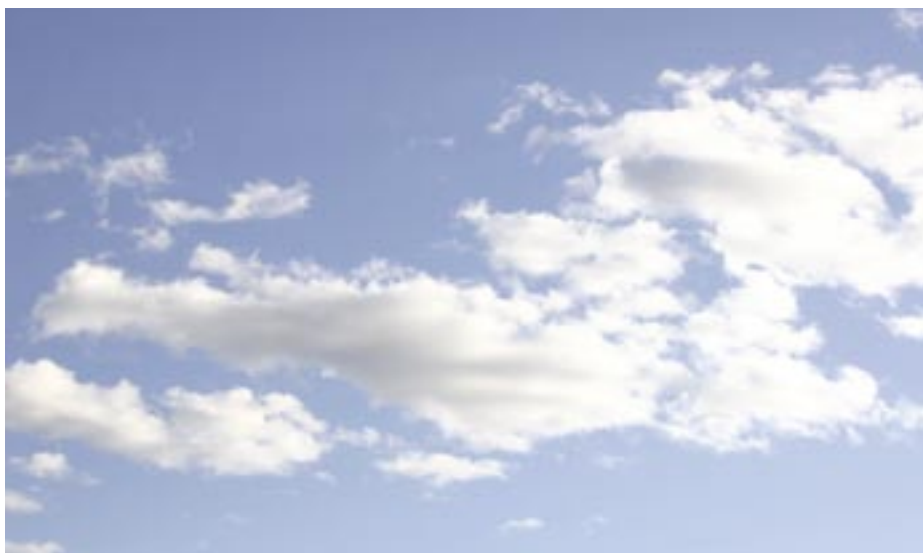
## Klimamodeller kraftig forbedret

De siste årene har imidlertid behandlingen av aerosolers effekter på skyer i numeriske modeller blitt kraftig forbedret, hvilket har resultert i at de estimerte effektene har blitt gradvis mindre. I tillegg har tilgjengelige satellittobservasjoner økt i mengde og kvalitet, og disse indikerer at aerosolers effekt på skyer tidligere har vært overestimert i mange modeller (Quaas m.fl., 2006; Storelvmo m.fl., 2006a).

Aerosolers innvirkning på skyer refereres ofte til som den indirekte effekten av aerosoler på klima ("Aerosol Indirect Effect, AIE"). Den indirekte effekten har tradisjonelt vært delt inn i to hovedkomponenter, ofte kalt første og andre indirekte effekt av aerosoler. Begge effekter bidrar til en avkjøling av jord-atmosfære systemet ved at de øker skyenes refleksjon av solstråling tilbake til universet. Når vannskyer dannes i atmosfæren, skjer dette alltid ved at vann kondenserer på såkalte kondensasjonskjerner.

## Skyene reflekter mer sollys

Kondensasjonskjernene er vannløselige aerosoler, som for eksempel sjøsaltpartikler, enkelte typer organiske partikler og sulfatpartikler. En stor andel av atmosfærens konsentrasjon av de to sistnevnte partikkeltypene er i dag menneskeskapt,



INDIREKTE EFFEKT. Aerosolers innvirkning på skyer refereres ofte til som den indirekte effekten av aerosoler på klima.

Foto: Peter Haugnealand

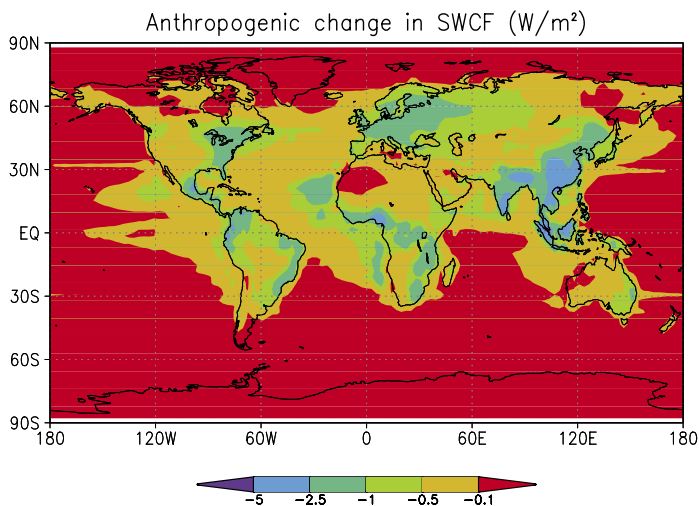
hvilket altså betyr at menneskelig aktivitet har ført til at konsentrasjonen av kondensasjonskjerner i atmosfæren har økt siden den industrielle revolusjon. Dermed er det også sannsynlig at en gjennomsnittlig skydråpe i dag er mindre enn den var for 250 år siden, hvilket medfører at skyene reflekterer mer solstråling nå enn da. Dette har isolert sett en avkjølede effekt på dagens klima og refereres til som *første indirekte effekt*. Når skydråper krymper på grunn av forurensing avtar også sannsynligheten for nedbør fra varme skyer (skyer ved temperaturer høyere enn 0°C, som utelukkende består av vanndråper og ikke snø- eller ispartikler). Den *andre indirekte effekt* refererer til denne antatte reduksjonen i nedbør og den økte levetiden og utbredelsen av skyer forbundet med dette.

I tillegg til de to effektene diskutert ovenfor finnes det mange hypoteser som

omhandler andre prosesser hvor aerosoler kan vekselvirke med skyer, men forståelsen av disse prosessene er ennå ikke god nok til at de foreløpig har blitt tatt hensyn til i beregninger av vårt fremtidige klima.

## Klimamodell fra Oslo

CAM-Oslo er en global atmosfæremodell som bygger på National Center for Atmospheric Research (NCAR) Community Atmosphere Model (CAM). NCAR CAM har blitt utvidet med moduler for beregninger av aerosolers påvirkning av klima, både direkte og ved de indirekte effektene. Disse modulene er utviklet av en forskningsgruppe ved universitetet i Oslo (Seland, *Cicerone* 3-2002; Kirkevåg, *Cicerone* 5-2000; Kristjánsson m.fl., *Cicerone* 6-2002; Storelvmo m.fl., 2006b), og representerer sammen med NCAR-CAM i dag et redskap som er velegnet for bereg-



Figur 1. Beregnet årsmidlet indirekte effekt som skyldes endringer i dråperadius og endringer i skyenes levetid. Enheter:  $W/m^2$  ved toppen av atmosfæren.

mellom  $-0.13W/m^2$  og  $-0.72W/m^2$ , estimert for toppen av atmosfæren (Storelvmo m.fl., 2006b), avhengig av antagelser om bl.a. mineralpartiklers vannoppløselighet. Figur 1 viser den geografiske fordelingen av denne avkjølingen, hvor blant annet østlige Asia, Europa og østkysten av USA trer tydelig frem.

### Stemmer med satellittmålinger

De nye, lave estimatene av første og andre indirekte effekt av aerosoler er i god overensstemmelse med nye satellitt-baserte estimater av disse to effektene ifølge Quaas og medarbeidere (personlig meddelelse), og er en størrelsesorden lavere enn mange tidligere estimater. Dette er illustrert i Figur 2, som viser ulike modell-estimater av den indirekte effekten av aerosoler som funksjon av publiseringsår.

De tidligste estimatene var sannsynligvis lave fordi de bare inkluderte den første indirekte effekt av aerosoler. Etter hvert som både første og andre indirekte effekt av aerosoler ble tatt hensyn til, økte modellestimatene i absoluttverdi til en avkjøling på mer enn  $-2 W/m^2$ . Til sammenlikning er den oppvarmende effekten av samtlige drivhusgasser estimert til  $+2,64 W/m^2$  i den nylig utkomne "Summary for Policymakers" fra FNs klimapanel (IPCC). De seneste årene har imidlertid estimatene av den indirekte effekten av aerosoler blitt kraftig redusert, ettersom forståelsen av aerosolers påvirkning på skyer har økt og modellbeskrivelsene av disse prosessene har blitt kraftig forbedret. Dermed kan man altså foreløpig konkludere med at bedre modellering av vekselvirkningene mellom aerosoler og skyer ser ut til å gi mindre avkjøling en tidligere antatt.

### Mange spørsmål gjenstår

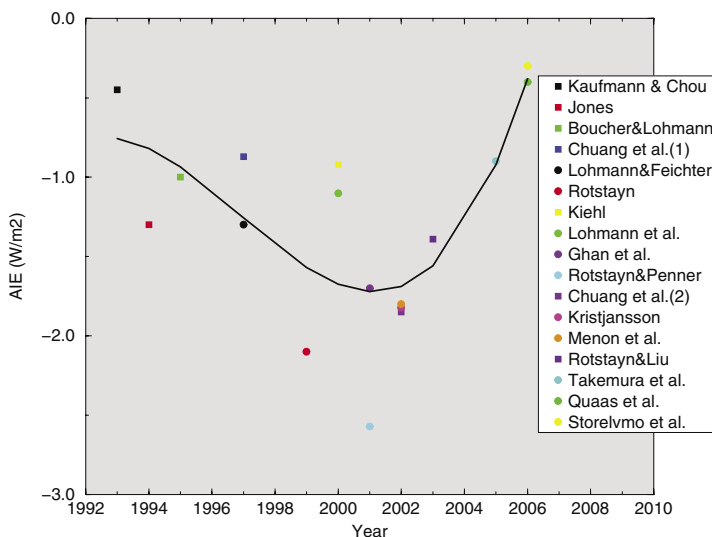
Men selv om forståelsen av første og andre indirekte effekt av aerosoler har blitt bedre de siste tiårene, gjenstår likevel mange ubesvarte spørsmål. Enkelte aerosoltyper, for eksempel sot, absorberer solstråling effektivt og har dermed en oppvarmende effekt i de nivåene av atmosfæren hvor de befinner seg. Dette kan

igjen påvirke skyenes dannelse, tykkelse, utbredelse og levetid. Hvordan denne oppvarmingen vil påvirke skyene avhenger imidlertid av flere faktorer, blant annet atmosfærens stabilitet og hvor sot-partiklene befinner seg i forhold til skyene. I tillegg har man fortsatt svært liten forståelse av hvordan aerosoler påvirker kalde skyer, det vil si skyer ved temperaturer lavere enn  $0^{\circ}C$ . Noen pioner-studier har nylig fokusert på denne problemstillingen (Lohmann og Diehl, 2006), men ennå er usikkerheten stor. Særlig mangler gode observasjoner av kalde skyers mikrofysikk som kan brukes til å sjekke modellresultatene.

### Referanser

- Lohmann, U. & K. Diehl, 2006: Sensitivity Studies of the Importance of Dust Ice Nuclei for the Indirect Aerosol Effect on Stratiform Mixed-Phase Clouds, *J. Atmos. Sci.*, **63**, 968-982.
- Quaas, J., O. Boucher & U. Lohmann, 2005: Constraining the total aerosol indirect effect in the LMDZ and ECHAM4 GCMs using MODIS satellite data, *Atm. Chem. Phys.*, **5**, 9669-9690.
- Storelvmo, T, J. E. Kristjansson, G. Myhre, M. Johnsrud & F. Stordahl, 2006a: Combined observational and modeling based study of the aerosol indirect effect, *Atm. Chem. Phys.*, **6**, 3583-3601.
- Storelvmo, T., J. E. Kristjansson, S. J. Ghan, A. Kirkevåg, Ø.Seland & T. Iversen, 2006b: Predicting cloud droplet number concentration in CAM-Oslo, *J. Geophys. Res.*, **111**, doi:10.1029/2005JD006300.

### Aerosol Indirect Effect vs. Time



Figur 2. Modellestimater av indirekte effekt av aerosoler på varme skyer de siste 15 år. Pådrivet er for toppen av atmosfæren. Linjen representerer beste tilpasning til data punktene basert på 10. ordens polynom. Kvadrater representerer estimater av bare den første indirekte effekt, mens sirkler representerer både første og andre indirekte effekt. I arbeider som resulterte i mer enn et estimat og hvor ingen av dem ble karakterisert som det beste, er et gjennomsnitt av alle estimatene i studiet gitt.

ninger av fremtidig klima. Særlig er det en fordel at man for beregninger av aerosolers innvirkning på skyer nå har en beskrivelse av skydråper, utviklet i NORKLIMA-prosjektet COMBINE (<http://www.uio.no/~jegill/combine.html>), hvor kilder (blant annet fra menneskeskapt aerosoler) og sluk (for eksempel på grunn av nedbør eller fordampning) blir beregnet eksplisitt i modellen.

I kilde-leddet blir det også tatt hensyn til den såkalte konkurranse-effekten, som innebærer at en økning i konsentra-

sjonen av kondensasjonskjerner ikke nødvendigvis gir flere skydråper fordi enhver aerosol må konkurrere med andre aerosoler om vanddampen som er tilgjengelig for kondensasjon. Det er blant annet denne effekten og det at man nå tar hensyn til ulike tapsprosesser for skydråper som har ført til at den indirekte effekten av aerosoler er kraftig redusert i CAM-Oslo sammenliknet med tidligere modell-estimater. I CAM-Oslo representerer første og andre indirekte effekt av aerosoler sammenlagt en avkjøling på

### Trude Storelvmo

(trude.storelvmo@geo.uio.no) er Post Doc ved Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo, og tok sin doktorgrad innenfor COMBINE-prosjektet.

### Jón Egill Kristjansson

(j.e.kristjansson@geo.uio.no) er professor ved Institutt for Geofag, Universitetet i Oslo, og har ledet COMBINE-prosjektet.

# Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100

**Havet stiger. Grunnen er økende havtemperatur og smelting av is på land. Dette fører til at havet kan stå opptil én meter høyere langs hele norskekysten mot slutten av dette hundreåret.**

**Helge Drange, Ben Marzeion, Atle Nesje og Asgeir Sorteberg**

Det er fremdeles noe usikkerhet når det gjelder framtidig stigning av havnivået. Men dette betyr ikke at en kan se bort fra denne siden av menneskeskapt klimaendring, tvert imot: Vi vet at det globale havnivået har økt med 17 cm siste hundre år. Likefullt vet vi at stigningen i havnivået har akselerert siden tidlig på 1990-tallet. Etter 1993 viser målinger fra satellitt at havnivåøkningen nå er på vel 3 mm i året, eller dobbelt så rask stigning som middeløkningen over de siste hundre år. Vi vet også at havet vil stige i lang tid framover, også hundrevis av år etter at mennesket får kontroll på utslippene av klimagasser. Det vil derfor være nødvendig å tilpasse seg de endringene som kommer, og å planlegge slik at en unngår framtidige overraskelser grunnet høyere havnivå.

## Framtidsscenarier

I den nye rapporten fra FNs klimapanel (IPCC 2007) er det presentert flere framskrivninger av global havstigning. Framskrivningene er blant annet basert på tre standard utslippsscenarier av klimagasser og partikler, nemlig scenario B1, A1B og A2 (se faktaboks). For disse tre utslippsscenariene forventer klimapanelet en global havnivåøkning på mellom 18 og 51 cm mot slutten av dette hundreåret relativt til perioden 1980-1999. Klimarapporten understreker at havnivåøkningen kan bli 10-20 cm høyere enn dette blant annet grunnet økende ismelting langs kysten av Grønland og i Antarktis. Det er derfor sannsynlig at framskrivningene gitt av FNs klimapanel representerer en nedre grense for framtidig havstigning.

En ny studie i tidsskriftet *Science* (Rahmstorf 2007) påviser en sammenheng mellom global temperaturøkning og global havstigning for perioden fra 1880 og fram

til i dag. Ved å bruke Rahmstorfs modell på IPCCs framskrivninger av den globale overflatetemperaturen får vi at havnivået kan øke med mellom 55 og 110 cm relativt til havnivået i år 2000 (se figur 1). Rahmstorfs modell er særdeles enkel i det den bare tar hensyn til en sammenheng mellom global temperatur- og havnivåendring. Men gitt at oppvarming av verdenshavene og smelting av breer og iskapper fortsetter som i dag, er det grunn til å forvente at Rahmstorfs modell gir et representativt anslag for framtidig havstigning.

Det er også verdt å nevne at for perioden 1891 til 1990 har havstigningen langs norskekysten vært på rundt 14 cm når en ser bort fra effekten av landheving (Vestøl 2006). Denne stigningen er i tråd med Rahmstorfs modell som gir 14.3 cm stigning for samme periode. Rahmstorfs modell beskriver derfor observert havstigning langs Norskekysten på en god måte.

*Forts. neste side*

**Scenario B1:** Globale løsninger på økonomisk og sosial bærekraftighet. Raske endringer i økonomiske strukturer og introduksjon av rene teknologier. 7 milliarder mennesker i 2100. Atmosfærens CO<sub>2</sub>-innhold er på 540 ppm i 2100, mot 380 ppm i dag (ppm er "parts per million").

**Scenario A1B:** Rask økonomisk vekst. Rik verden, men ujevnt fordelt. 7 milliarder mennesker i 2100. Teknologiske endringer fører til balanse mellom fossil og ikke-fossil energiteknologi. Atmosfærens CO<sub>2</sub>-innhold er på 703 ppm i 2100.

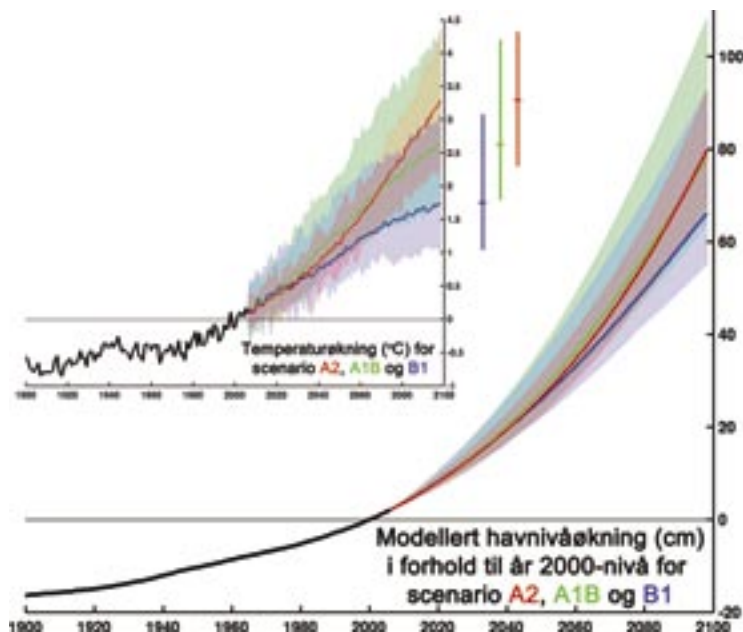
**Scenario A2:** Delt verden med høy befolkningsvekst og mindre bekymring for rask økonomisk utvikling. 15 milliarder mennesker i 2100. Atmosfærens CO<sub>2</sub>-innhold er på 836 ppm i 2100.

**Tidevann:** Periodiske svingninger av havnivået som i hovedsak skyldes månens tiltrekningskraft.

**Flo og fjære (høyvann og lavvann):** Når tidevannet er på det høyeste og laveste. Forekommer ca. hver 12. time.

**Springflo:** Når jorden, månen og solen står på en linje, det vil si ved hver fullmåne og nymåne, er tiltrekningskraften ekstra sterk. Dette gir ekstra høy flo. Forekommer ca. hver 14. dag.

**Stormflo:** Når lavtrykk og sterk vind støver vann opp langs kysten og dette faller sammen med springflo.



Figur 1. Modelleret global havnivåøkning (i cm) relativt år 2000 basert på Rahmstorf (2007) for klimascenariene A2 (rød kurve), A1B (grøn kurve) og B1 (blå kurve). Den vesle figuren viser global temperaturøkning fra klimamodellene som inngår i IPCC (2007). Middelverdi og spredning i år 2100 er gitt til høyre for de to grafene.

A1B og B1. Tallene i tabellen er middelerverdi; inkluderer vi usikkerhetene kan vannstandssøkningen bli vel 30 cm høyere for scenario A1B og A2 mot slutten av dette århundre.

Selv om det er usikkerheter i disse anslagene viser tabellen i klartekst at planlagte bygge- og prosjekteringsaktiviteter langs kysten må ta høyde for at havnivået kan komme til å stå fra en halv til én meter høyere mot slutten av dette århundre. Dette er illustrert i figur 2.

I tillegg vil det være nødvendig å tilpasse seg stigende havnivå for eksisterende infrastruktur for de fleste av byene og tettstedene langs norskekysten. Noen steder vil få særdeles store utfordringer. Som et eksempel må Bryggen i Bergen også ta høyde for at grunnmassene vil sige 60-80 cm i løpet av dette hundreåret. Med synkende grunn og stigende hav er det derfor å forvente at *enhver* flo vil gå inn på Bryggen fra rundt 2050.

## Høyere havnivå i norske farvann

I tillegg til den globale havnivåendringen på 55 til 110 cm, vil Norges nærområder få en ekstra havnivåøkning på rundt 10 cm. Grunnen til at havstigningen ikke er jevnt fordelt skyldes at noen havområder har et mer effektivt varmeopptak enn andre områder. Dessuten påvirkes havnivået av framtidig endring i havsirkulasjonen. De ekstra 10 cm angitt over er en middelerverdi fra de klimamodellene som er benyttet i IPCC (2007). Med dette ekstrabidraget er vi oppe i framtidig havnivåøkning for norske farvann på mellom 65 og 120 cm.

Siden Skandinavia var tynget av en tykk iskappe under siste

istid, løfter landet seg fremdeles. I løpet av dette hundreåret vil landhevingen være på rundt én meter innerst i

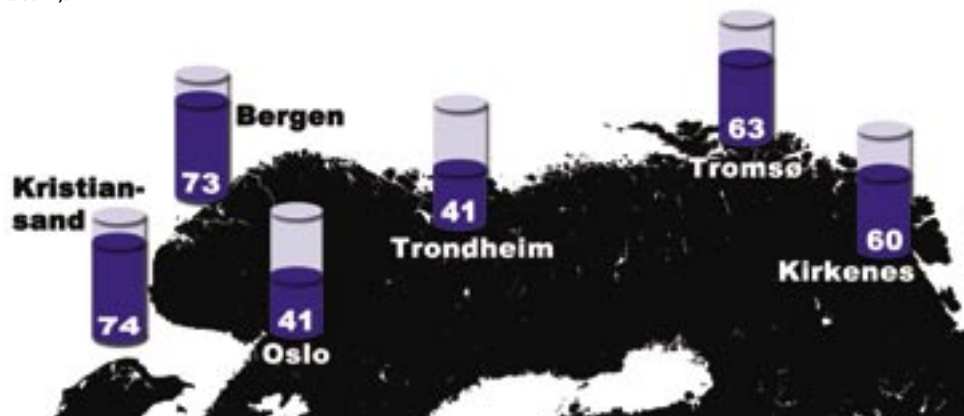
Dårligst ut kommer kyststrekningen på Sørvestlandet; her vil det bare bli ca. 10 cm landheving for samme periode.

“Det er derfor sannsynlig at framskrivningene gitt av FNs klimapanel representerer en nedre grense for framtidig havstigning.”

Bottenviken og nær null ytterst på Sør- og Vestlandskysten. Derfor kommer innerste deler av Oslo- og Trondheimsfjorden best ut når det gjelder framtidig havstigning; her vil landet løfte seg med rundt halvmeteren i løpet av dette hundreåret.

Setter vi sammen bidraget av global vannstandsøkning basert på Rahmstorfs modell, pluss 10 cm grunnet økt havstigning hos oss, minus bidraget av landhevingen langs kysten, får vi tallene som gitt i tabell 1 for de tre klimascenariene A2,

Figur 2. Midlere vannstandsøkning (i cm) langs norskekysten i år 2100 relativt år 2000 for scenario A2. Som en referanse representerer de lyse sylindrene en vannstandsøkning på 100 cm. Inkluderer en usikkerhet i havstigning og landheving kan vannstanden øke med vel 30 cm i tillegg til det vist her (se tabell 1).



## Stormflo

Havstigningen beskrevet over gjelder for både flo og fjære sjø. Men den største utfordringen vil framtidig stormflo representere. Ved stormflo blir vannet langs kysten stuet opp mot land grunnet lavtrykk og sterk vind, og dette kommer da i tillegg til havnivået ved flo sjø. For våre nærområder viser klimamodellene bare en svak økning av styrken til stormene i et framtidig klima. Dette vil si at høyden ved framtidig stormflo vil være gitt når havnivåøkningen i tabell 1 legges til høyden for dagens stormflo, pluss kanskje 10 cm grunnet noe kraftigere stormer fra vest (Lowe og Gregory 2005, og Woth m.fl. 2006). Dette gir stormflo som vist i figur 3.

Det er også verdt å merke seg at selv om forskjellene mellom framskrivningene av temperatur for scenario A2, A1B og B1 er betydelige (se den vesle grafen i figur 1), så er forskjellen i midlere havstigning for de tre scenariene på bare 14 cm. Det er flere grunner til dette: Vann har en meget høy varmekapasitet, så verdenshavene kan lagre store varmemengder. Siden havstigningen er gitt ved akkumulert temperaturstigning fra begynnelsen



Figur 3. Mulig stormflo (i cm) i år 2100 relativt kote null (NN1954, se <http://vannstand.statkart.no/main.php>). Høydene er framkommet med å ta høyeste stormflo som er observert fram til i dag, legge til 80 cm fra scenario A2 (se figur 1), pluss 10 cm høyere havnivå hos oss, pluss 10 cm for økt stormaktivitet, minus landheving fra tabell 1.

av 1800-tallet, utgjør ikke forskjellen mellom de tre scenariene så mye for havnivået. Så selv om vi skulle klare å redusere de globale klimagassutslippene med 50 prosent, som vil være nødvendig for å kunne nå scenario B1, vil havstigningen bli betydelig i dette hundreåret. I tillegg er den vertikale blandingen i havet en langsom prosess. Det er det siste som gjør at havet vil stige i hundrevis av år etter at vi har fått kontroll på utslippene av drivhusgasser.

Avslutningsvis er det verdt å huske på at selv om alvoret er absolutt og utfordringene mange for kyst-Norge, vil en rekke øysamfunn i Stillehavet og lavtliggende land i for eksempel India, Bangladesh og Indonesia få dramatisk større problemer enn de vi får. Det

## Helge Drange

(helge.drange@nersc.no) er tilsatt ved G. C. Rieber klimainstitutt, Nansensenteret, Bergen, Bjerknessenteret for klimaforskning, Bergen, Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen, og Nansen-Zhu internasjonale forskningscenter, Beijing.

## Ben Marzeion

(ben.marzeion@nersc.no) er tilsatt ved Nansensenteret, Bergen og ved Bjerknessenteret for klimaforskning, Bergen.

## Atle Nesje

(atle.nesje@geo.uib.no) er tilsatt ved Bjerknessenteret for klimaforskning, Bergen, og ved Institutt for geovitenskap, Universitetet i Bergen.

## Asgeir Sorteberg

(asgeir.sorteberg@bjerknes.uib.no) er tilsatt ved Bjerknessenteret for klimaforskning, Bergen.

Tabell 1. Beregnet middelhavstigning (i cm) for norske kystbyer i år 2050 og 2100 relativt til år 2000. Angitt landheving (i cm) er inkludert i tallene for havstigningen. For år 2050 er estimert usikkerhet i midlere havstigning -6 til +8 cm for B1, -7 til +12 cm for A1B og -6 til +12 cm for A2. For år 2100 er usikkerhetene -17 til +18 cm for B1, -20 til +35 cm for A1B og -16 til +31 cm for A2. Dette betyr at havstigningen kan bli 114 cm i Haugesund og 107 cm i Bergen og Kristiansund i år 2100. For steder ikke angitt i tabellen, kan nærmeste kystby benyttes. Tallene for landheving er fra Vestøl (2006).

	År 2050				År 2100			
	Landheving (cm)	Midlere havstigning (cm)			Landheving (cm)	Midlere havstigning (cm)		
		A2	A1B	B1		A2	A1B	B1
Arendal	12	19	21	19	24	66	64	52
Bergen	8	23	25	23	17	73	72	60
Bodø	18	14	15	13	36	54	53	41
Drammen	22	10	11	9	43	46	45	33
Drøbak	22	9	11	9	44	46	44	32
Eigersund	5	27	28	26	10	80	79	67
Florø	10	22	23	21	20	70	68	56
Fredrikstad	19	13	14	12	28	52	50	38
Grimstad	11	21	22	20	22	68	66	54
Haugesund	5	27	28	26	9	80	79	67
Høyanger	12	20	21	19	23	67	65	53
Kirkenes	15	16	18	16	30	60	58	46
Kristiansand	8	23	25	23	16	74	72	60
Kristiansund	13	18	20	18	27	63	62	50
Larvik	16	16	17	15	32	58	57	45
Måløy	9	22	24	22	19	71	70	57
Mandal	6	25	27	25	13	77	76	64
Molde	12	20	21	19	23	67	65	53
Mosjøen	23	9	10	8	46	44	42	30
Moss	19	12	14	12	39	51	50	38
Namsos	23	9	10	8	46	44	43	30
Narvik	23	8	10	8	47	43	42	30
Ørsta	9	22	24	22	19	71	70	58
Oslo	24	7	9	7	49	41	40	27
Øvre Årdal	15	17	18	16	30	60	59	47
Porsgrunn	16	16	17	15	32	58	57	44
Sandefjord	17	15	16	14	34	56	55	42
Sandnessjøen	22	9	11	9	44	45	44	32
Sarpsborg	21	11	12	10	42	48	47	35
Sogndal	8	24	25	23	16	74	72	60
Stavanger	6	26	27	25	12	78	77	65
Svolvær	13	18	20	18	27	63	62	50
Tønsberg	19	13	14	12	37	53	51	39
Tromsø	13	18	20	18	27	63	62	50
Trondheim	24	7	9	7	48	41	40	28
Vadsø	13	19	20	18	26	64	63	50
Ålesund	9	22	24	22	19	71	70	58
Åndalsnes	13	18	20	18	26	64	62	50

er også slik at disse samfunnene vil ha vansker med å tilpasse seg klimaendringene da de ofte rår over små økonomiske resurser.

## Referanser

- IPCC (2007), *Climate change 2007: The physical science basis*, se <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>
- Lowe, J. A. og J. M. Gregory (2005), The effects of climate change on storm surges around the United Kingdom, *Phil. Trans. R. Soc.*, **363**, 1313-1328
- Rahmstorf, S. (2007), A semi-empirical

approach to projecting future sea-level rise, *Science*, **315**, 368-370

- Vestøl, O. (2006), Determination of postglacial land uplift in Fennoscandia from leveling, tide-gauges and continuous GPS stations using least squares collocation, *Journal of Geodesy*, **80**, 248-258
- Woith, K., R. Weisse og H. Von Storch (2006), Climate change and North Sea storm surge extremes: an ensemble study of storm surge extremes expected in a changed climate projected by four different climate models, *Ocean Dynamics*, **56**, 3-15

MariClim:

# Klimaendringer påvirker marine økosystemer

**Klimaendringer forventes å føre til endringer i vannmassene vest for Svalbard, og dermed å påvirke fordelingen av plankton i sjøen. Hvilke konsekvenser har dette for sjøfugl som beiter i disse områdene? Forskere fra 6 fagdisipliner i 7 land samarbeider for å finne sammenhengene.**

## Karin Totland

Klimaendringer fører til oppvarming av havmasser i Arktis og økt tilførsel av atlantisk vann i de nordiske hav. Det er grunn til å forvente at dette påvirker strømningsforholdene mellom arktiske og atlantiske vannmasser i området vest for Svalbard. Når disse strømningsforholdene forskyver seg, kan dette føre til en endret fordeling av dyreplankton i sjøen, som igjen kan resultere i endrede levevilkår for sjøfugler i disse områdene.

## Kongsfjorden som mini-økosystem

I det store koordinerte prosjektet MariClim samarbeider forskere fra 7 land for å forstå

disse komplekse sammenhengene i et avgrenset geografisk område, nærmere bestemt Kongsfjorden utenfor Ny-Ålesund med tilstøtende sokkelområde.

– Vi har mye tidligere innsamlende data fra dette området, forklarer prosjektleder Geir Wing Gabrielsen fra Norsk Polarinstitutt. Studier er blitt gjort her innenfor oseanografi, havis, marin økologi og sjøfugler. – Blant annet finnes det tidsserier for fordelingen av dyreplankton i fjorden, presiserer han. Gabrielsen har selv studert sjøfugl i området siden 1980-tallet.

I tillegg til de historiske dataene gjøres det nå eksperimenter som skal kaste lys over sammenhengene slik

de observeres i dag. Prosjektet består av seks delprosjekter, som ser på forholdene knyttet til henholdsvis hav, havis, plante- og dyreplankton, fisk og sjøfugl. Hvert delprosjekt skal lage en delrapport over sine konklusjoner, som til slutt skal sammenfattes til en syntese.

– Dette er et komplekst system med mange innbyrdes sammenhenger, sier Gabrielsen. Ved å avgrense det geografiske området og konsentrere oss om to sjøfuglarter, håper vi å begrense systemet slik at vi kan påvise hvordan endringer i havstrømmene påvirker overlevelse hos sjøfuglene.

MariClim ble startet høsten 2005 som ett av NORKLIMAs koordinerte prosjekter på effekter av klimaendringer. Prosjek-



Prosjektleder Geir Wing Gabrielsen.

Foto: Ingrid Gabrielsen

tet har midler ut 2008.

– Det er ganske unikt at forskere fra så mange ulike fagdisipliner har et så tett samarbeid, bemerkter Gabrielsen. NORKLIMAs mål med slike



Foto: Geir Wing Gabrielsen

De atlantiske vannmassene inneholder næring med mindre energi, og dette innebærer at sjøfuglene må spise desto mer for å overleve.



Foto: Geir Wing Gabrielsen

I 2006, som var et spesielt varmt år, produserte krykkja færre unger per kull.



Foto: Ann Harding

Forskerne tror at alkekongen vil reduseres i antall i et varmt klimascenario.

## MariClim:

- Marine Ecosystem consequences of climate induced changes in water masses off West-Spitsbergen
- Prosjektperiode: 2005-2008
- Prosjektleder: Geir Wing Gabrielsen, Norsk Polarinstittutt

### Prosjektledelsesgruppe:

- Haakon Hop (Norsk Polarinstittutt) og Harald Svendsen (Universitetet i Bergen).

### Institusjoner i prosjektet:

- Norsk Polarinstittutt
- Norges Teknisk Naturvitenskapelig Universitet (NTNU)
- Havforskningsinstituttet
- Universitetet i Bergen
- Universitetssenteret på Svalbard (UNIS)
- Alfred Wegener Institute, Tyskland
- Scottish Association of Marine Science
- Institute of Oceanology - Polish Academy of Science
- Pomona University



Foto: Geir Wing Gabrielsen

Forskerne oppsøker sjøfuglene på hekkeplassene sine og individmerker dem.

store koordinerte prosjekter er nettopp å få til denne type koblinger.

### Innstrømning av to havmasser

Kongsfjorden ligger slik at det er innstrømning fra både arktiske og atlantiske havmasser. Dette gir gode muligheter til å studere hvordan fysiske og biologiske forhold i havstrømmene endrer seg med klimaet. Forskerne i MariClim prøver nå å påvise hvordan klimaendringer påvirker strømnings- og utvekslingsforholdene mellom vannmassene ved sokkelskråningen og i det indre av fjorden.

Det siste tiåret er det blitt observert varmere lufttemperaturer i middel på Svalbard, og dermed også mindre atmosfærisk avkjøling i havet. Samtidig har det vært innstrømning av varmere atlantisk vann i de nordiske hav.

- Vi undersøker om dette resulterer i at mer atlantisk vann kommer inn i fjordene på Svalbard, forklarer oseanograf Vigdis Tverberg ved Norsk Polarinstittutt. - Med økt innstrømning av atlantisk vann får man et varmere klima i fjorden, legger hun til.

2006 var et spesielt varmt år, med høye lufttemperaturer og laveste målte istykkelse og isutbredelse i Kongsfjorden.

- Dermed fikk vi tilgang til data som vi ikke hadde tidligere, sier Tverberg.

I fronten der de to havmassene møtes, er det flere muligheter for hva som kan skje. Blandingsmekanismene er styrt av flere faktorer, slik som atmosfærisk avkjøling, vind, og strømmen sin tendens til å følge bunnkonturer. Målingene viser at Kongsfjorden veksler mellom tre tilstander, som avhenger av samspillet mellom disse faktorene. I den ene ytterligheten er fjorden isolert fra atlantisk innstrømning, og i den andre ytterligheten får den en brå tilførsel av store mengder atlantisk vann.

- Det mest vanlige er en mellomtilstand, med innstrømning av atlantisk vann i dypere deler av fjorden, sier Tverberg.

### Sjøfuglenes tilgang til mat

Forskerne tror at strømningsforholdene i fjorden har en direkte innvirkning på fordelingen av dyreplankton og fisk i området, som igjen forventes å påvirke levevilkårene til sjøfuglene. For å påvise dette, blir det gjort feltarbeid for å måle forekomster av dyreplankton og fisk på bestemte steder i fjorden. I tillegg samles prøver for å bestemme lipidinnhold og energi til ulike byttedyrarter.

- Generelt har det vært antatt at det arktiske vannet er best for fuglene, forklarer Gabrielsen. - Sjøfuglene trenger store mengder energirik dyreplankton og fisk for å kunne mate sine unger. De atlan-

tiske vannmassene inneholder næring med mindre energi, og dette innebærer at sjøfuglene må spise desto mer for å overleve, sier han.

En viktig matkilde for flere sjøfugler i området er polartorsk, som finnes i de arktiske havmassene. I det marine laboratoriet i Ny-Ålesund gjør MariClim-forskere studier som skal gi kunnskap om hvordan temperaturendringer påvirker polartorsken.

### Overvåking av sjøfugler

Parallelt med disse studiene studerer Gabrielsens team bestandene til to sjøfuglarter, nemlig alkekonge og krykkje. De ønsker å påvise sammenhenger mellom endringer av byttedyr i fjorden og endringer i disse fuglebestandene. Totalt finnes det om lag 15 000 par av sjøfugler i Kongsfjord området. Mattilførselen til disse to artene befinner seg på ulikt nivå i næringskjeden, og det kan derfor forventes at de blir påvirket på ulik måte av endringer av byttedyr i fjorden.

Alkekongen er avhengig av dyreplankton med høyt lipidinnhold. Forskerne tror at denne arten vil reduseres i antall i et varmt klimascenario. For eksempel må alkekongen spise tre ganger så mye når tilgangen på raudåte endres fra hyberboreus/glacialis med mye energi til finmarkikus, som inneholder mindre energi.

Krykkja vil antakelig også påvirkes, men denne spiser også polartorsk og andre arter av dyreplankton, og effekten kan derfor bli mindre dramatisk. Det er derfor viktig å forstå rovdyr-bytte relasjonene mellom polartorsken og de ulike dyreplankton artene. På denne måten håper forskerne å påvise sammenhenger mellom klimaendringer og mattilførsel for sjøfuglene.

- Vi oppsøker sjøfuglene på hekkeplassene sine og individmerker dem, forteller Gabrielsen. - I tillegg kan vi måle energiforbruket og matinntaket til enkelte fugler ved å injisere merket vann som består av hydrogen (tritium) eller oksygen (oksygen-18), forklarer han. Etter to døgn fanges fuglene inn igjen, og sporene av det merkede hydrogenet og oksygenet gir informasjon om hvor mye energi fuglen har brukt og hvor mye mat den har spist.

Det er for tidlig å konkludere om effekter på bestandene på de to fugleartene. Men observasjoner i 2006, som var et spesielt varmt år, viste noen endringer i forhold til det vanlige mønsteret. Alkekongen hekket 14 dager tidligere enn normalt. Krykkja hekket som normalt, men produserte færre unger pr kull. - Krykkja har normalt 1-3 egg i reiret, men i år med dårlig mattilførsel klarer ikke foreldrene å fø opp alle ungene, forklarer Gabrielsen.

### Koordinering gir muligheter

Prosjektleder Gabrielsen har siden midten av 1980 tallet studert sjøfuglers fysiologi og økologi. I 1994 avsluttet han sin dr.

grad knyttet til sjøfuglers energetikk. Siden begynnelsen av 1990-tallet har han jobbet med kartlegging og effekter av organiske miljøgifter i Arktis. MariClim prosjektet har gitt Gabrielsen en mulighet til å koble forskningen sin opp mot oseanografi, havis og marin økologi.

Nå får Gabrielsen muligheten til å knytte kontakten mellom forskningen i MariClim og sine studier knyttet til miljøgifter, gjennom et nylig innvilget prosjekt innenfor det Internasjonale Polaråret. I prosjektet "COPOL" skal forskerne studere sammenhengen mellom klimaendringer og forurensninger i polarområdene. Vil klimaendringer føre til økt transport av forurensning til Arktis? "COPOL" er et stort internasjonalt prosjekt der Norge deltar sammen med 11 andre land. I dette prosjektet samarbeider Norsk Polarinstitutt med de fleste institusjoner i Polarmiljø-senteret (NINA, NILU og Akvaplan-niva) med CIENS-senteret i Oslo, samt med NIVA i Oslo og NTNU i Trondheim.

– Det er spennende å kunne koble vår forskning knyttet til miljøgifter mot den forskningen vi gjør i MariClim, sier Gabrielsen. – Det er mange ting som



Foto: Geir Wing Gabrielsen

Med økt innstrømning av atlantisk vann får man et varmere klimascenario i Kongsfjorden.

henger sammen her, og gjennom koordineringen i MariClim har vi en mulighet til å gå litt grundig til verks for å prøve å forstå sammenhenger. Utfordringen blir å koble de ulike delresultatene sammen til slutt, avslutter han.

#### Karin Totland

er kommunikasjonsrådgiver i Norges forskningsråd, med kommunikasjons-ansvar for blant annet NORKLIMA, og medlem av NORKLIMAs *Cicerone*-redaksjon (kt@forskningsradet.no).

# Hvor gode er framskrivningene av klimaet?

I et kort innlegg i tidsskriftet *Science* nylig sammenlikner Stefan Rahmstorf og medarbeidere observerte endringer av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren, global middeltemperatur og havnivåstigning siden 1990 med tidligere framskrivninger av de samme størrelsene (Rahmstorf et al, 2007). Framskrivningene har tildels undervurdert faktiske endringer fram til i dag.

## Knut H. Alfsen

Framskrivningene er tatt fra FN's klimapanel's tredje hovedrapport fra 2001 (IPCC, 2001) og ble i hovedsak laget på slutten av 1990-tallet. På grunn av tregheter i inn-samling og publisering av observasjoner, kan man anta at modellframskrivningene ble gjort uavhengig av de observerte data. Sammenlikningen mellom observasjoner og framskrivninger er derfor en sammenlikning av uavhengige størrelser.

Dessverre er perioden med sammenlikning kort, fra 1990 og til 2006. Det gjør det vanskelig å trekke bastante konklusjoner siden observerte trender lett vil

kunne domineres av naturlige og stokastiske variasjoner over en så kort tidshorisont. Med slike forbehold kan likevel

“Dessverre er perioden med sammenlikning kort, fra 1990 og til 2006.”

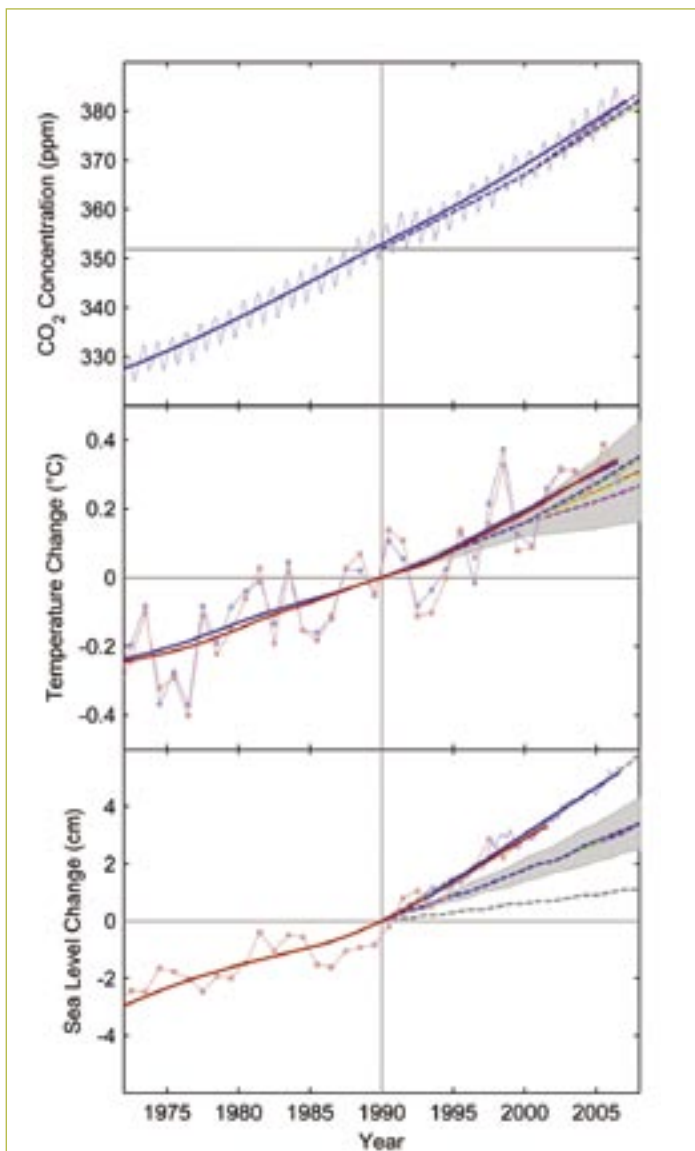
sammenlikningen si oss noe om hvorvidt klimamodellene fra starten av dette århundre faktisk klarte å beregne klimautviklingen.

Den relativt kompliserte Figur 1 sam-

menfatter resultatene i tre paneler som omhandler henholdsvis CO<sub>2</sub>-konsentrasjon, temperatur og havnivåstigning.

Utviklingen i CO<sub>2</sub>-konsentrasjon fra 1973 og frem til i dag (månedsmiddel og tilhørende trendverdier) sammenliknes med framskrivninger av CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i henhold til fem utslippsscenarioer utviklet av FN's klimapanel (IPCC, 2000), se egen boks. I store trekk finner vi godt samsvar mellom observasjoner og framskrivninger, særlig for scenariene med størst utslipp.

I den midtre delen av figuren sammenliknes global årlig middeltemperatur fra to ulike rapporteringer av slike observasjoner og tilhørende trender med framskrivninger. Det grå feltet angir spredningen på



Det øverste panelet viser utviklingen i månedsmidlet CO<sub>2</sub>-konsentrasjon, som målt på Mauna Loa, Hawaii, sammen med tilhørende trendverdier (heltrukne kurver). Stiplede linjer er framskrivinger i henhold til fem utslippsscenarioer utviklet av FNs klimapanel. Midtre panel viser global årlig middeltemperatur fra to ulike rapporteringer av slike observasjoner samt trendene i disse: Den røde er fra NASA/GISS, den blå er fra Hadley Centre, Climate Research Unit. De stiplede kurvene er framskrivinger der en har antatt en klimafølsomhet på 3 grader C. Det grå skyggefeltet viser hvordan framskrivingene endres når klimafølsomheten varierer mellom 1,7 og 4,2 grader C. I den nederste delen av figuren vises havnivåstigning målt ved tidevannsmålere (rød kurve) og ved hjelp av satellitter (blå kurve). Framskrivingene er vist dels som stiplede kurver og dels som et grått felt (når klimafølsomheten varierer).

framskrivingene når klimafølsomheten i framskrivingene varierer mellom 1,7 og 4,2 grader C. Vi ser at de observerte temperaturene ligger i øvre del av det grå feltet, det vil si høyt i forhold til framskrivingene. Dette kan ha flere årsaker. Det kan skyldes naturlige, stokastiske variasjoner i klimaet. En annen forklaring er at utslipp av partikler og gasser, som virker avkjølende på klimaet,

har avtatt raskere enn det som er antatt i framskrivingene. En tredje forklaring er at den antatte klimafølsomheten i klimamodellene er for lav. Det vil si at klimaet er mer følsomt for utslipp av klimagasser enn det vi til nå har antatt.

I den nederste delen av figuren vises havnivåstigning målt ved tidevannsmålere (rød kurve) og ved hjelp av satellitter (blå kurve). Igjen viser

## Utslippsscenarioer fra FNs klimapanel (IPCC)

FNs klimapanel (IPCC, 2000) utviklet rundt årtusenskiftet et sett med om lag 40 scenarioer som viste mulige forløp av klimagassutslipp de neste hundre år under forutsetning om at det ikke settes inn tiltak mot slike utslipp. Scenarioene ble grupper i fire såkalte scenariofamilier:

**Familie A1:** En globalisert verden der det legges mest vekt på å sikre økonomisk vekst. Denne familien er videre delt i underfamilier i henhold til valg av energiteknologi:

**A1FI:** En fossilt basert familie

**A1T:** En familie basert på klimavennlig teknologi (inkludert satsing på kjernekraft)

**A1B:** En balansert versjon av A1FI og A1T

**Familie A2:** En verden som fragmenteres og der det legges stor vekt på lokale løsninger for å sikre økonomisk vekst.

**Familie B1:** En globalisert verden der kultur og miljø vektlegges i større grad enn i A-scenarioene.

**Familie B2:** En fragmentert verden der lokal kultur og det lokale miljøet settes høyest.

de heltrukne kurvene trenden i utviklingen og det grå feltet angir framskrivinger når klimafølsomheten varierer. Det går klart frem at den observerte havnivåstigningen er vesentlig større enn framskrivingene. Mens målt havnivåstigning de siste 15 år er på 3,3 mm/år, er beste anslag fra framskrivingene på bare 2 mm/år.

Selv om sammenlikning av observasjoner og modellframskrivinger over en så kort periode som det er snakk om her nødvendigvis gir begrenset informasjon, er det likevel grunn til å frykte at klimamodellene faktisk i noen grad undervurderer hvor fort og hvor mye klimaet kommer til å endre seg framover.

### Referanser

• IPCC (2000): Special Report on Emission Scenarios. Cambridge University Press, Cam-

bridge.

• IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge.

• Rahmstorf, Stefan, Anny Cazenave, John A. Church, James E. Hansen, Ralph F. Keeling, David E. Parker and Richard C. J. Somerville (2007): Recent Climate Observations Compared to Projections, *Science*, Published online 2 February 2007; 10.1126/science.1136843

**Knut H. Alfsen**

(knut.alfsen@ssb.no) er forskningsjef i Statistisk sentralbyrå, og redaktør for NORKLIMAs bidrag til *Cicerone*.

**Postadresse:**

Postboks 1129 Blindern  
0318 Oslo

**Besøksadresse:**

CIENS/Forskningsparken  
Gaustadalléen 21, 0349 OSLO

**Telefon:**

22 85 87 50

**Telefaks:**

22 85 87 51

**E-post:**

admin@cicero.uio.no

*Cicerone* kommer ut med seks  
nummer i året. Abonnement er gratis.

**Arkiv:**

www.cicero.uio.no/cicerone

**Trykk:**

GAN Grafisk

**Opplag:** 6000

ISSN 0804-0508

Bladet er trykt på G-Print 115 gram  
miljøvennlig papir

Returadresse:

CICERO Senter for klimaforskning  
Postboks 1129 Blindern  
0318 OSLO

## A PostAbonnement

### Nytt på [www.cicero.uio.no](http://www.cicero.uio.no)

#### Kartlegger kommuners sårbarhet for klimaendringer

Framtidige klimaendringer kan by på mange utfordringer for norske kommuner. Blant annet vil kommuner måtte forholde seg til en risiko for endringer i havnivå og stormflo, mer intens nedbør, endring i flomforhold og snømengder, og flere episoder med kraftig vind.

[www.cicero.uio.no/webnews.asp?id=10793](http://www.cicero.uio.no/webnews.asp?id=10793)

#### Vil ha statsstøttet teknologiutvikling

– Vi trenger en storstilt teknologiendring for å møte klimautfordringen, sier forskningssjef Knut H. Alfsen i Statistisk sentralbyrå. Han mener staten må betale.

[www.cicero.uio.no/webnews.asp?id=10792](http://www.cicero.uio.no/webnews.asp?id=10792)

#### Høring om Lavutslippsutvalgets rapport

Les CICEROs høringsuttalelse om Lavutslippsutvalgets rapport "Et klimavennlig Norge".

[www.cicero.uio.no/webnews.asp?id=10791](http://www.cicero.uio.no/webnews.asp?id=10791)

#### Lær av Sveriges klimadugnad

Fem klimapolitiske utfordringer til den rødgrønne regjeringen fra TØI-forsker Tore Leite og CICERO-forsker Jonas Vevatne.

<http://www.cicero.uio.no/webnews.asp?id=10792>

### Energi for det 21. århundre

Hva skal Norge prioritere av forskning og utvikling på energisektoren i dette århundret? Regjeringens strategigruppe Energi21 skal ha svaret klart 1. februar 2008. Gruppen kjører en åpen prosess og ønsker innspill, kommentarer og debatt på [www.energi21.no](http://www.energi21.no). Nettstedet lanseres 12. april.

### Klimakalender

**26TH SESSION OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE:**  
4. mai 2007. Bangkok, Thailand.

<http://www.ipcc.ch/>

**EWEC 2007 EUROPEAN WIND ENERGY CONFERENCE AND EXHIBITION:**

7. - 10. mai 2007. Milano, Italia.

<http://www2.ewea.org/>

**THIRTEENTH CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE UNFCCC AND SECOND MEETING OF THE PARTIES TO THE KYOTO PROTOCOL:**

3. - 14. desember 2007. Sted ikke bestemt.

<http://www.unfccc.int>

Kilde: [www.iisd.org/calendar/](http://www.iisd.org/calendar/)

## Cicerone blir KLIMA

*Cicerone* feirer 15 års jubileum i år. Det som startet som et nyhetsbrev fra CICERO Senter for klimaforskning har utviklet seg til et norsk tidsskrift for populærvitenskapelig klimaforskning. I løpet av 2006 fikk vi 1 000 nye abonnenter, og vi satser på å nå stadig nye lesergrupper. Både innhold og form har endret seg i årenes løp, og tiden er nå moden for å gå et grafisk steg videre.

Neste nummer vil du derfor møte det nye *Cicerone*, som vi har valgt å kalle KLIMA – vi ønsker at navn og innhold skal gå hånd i hånd. Vi har også valgt en moderne magasinlayout som vi håper vil falle i smak. Men innholdet vil fortsatt være det samme – artikler med godt faglig innhold i en lettfattelig form.

Redaksjonen



Illustrasjonen viser et eksempel på hvordan en forside kan se ut i ny grafisk design.